

## تقنية الآلات الزراعية

### المضخات الزراعية

١٢٣ آزر



## مقدمة

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التتموي: لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " المضخات الزراعية " لمتدربي قسم " تقنية الآلات الزراعية " للكلية التقنية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالإستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه: إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

## تمهيد

يهدف هذا الكتاب إلى اكساب المتدرب بعض المهارات النظرية المطلوبة في مجال المضخات عموماً مع التركيز على بعض التطبيقات الخاصة بمضخات الري. وقد روعي عرض المنهج للطالب بطريقة مبسطة بعيدة عن التعقيدات النظرية الخاصة بتصميم المضخات ومثلثات السرعات مما لا مجال لبسطه لطالب الكليات التقنية. وقد تم عرض أجزاء المضخات من خلال مقاطع وصور واضحة وخالية من التعقيد.

ولإتمام الفائدة ومنعاً للخلل قمنا بسرد بعض معادلات المضخات البسيطة التي لا غنى عنها خصوصاً فيما يتعلق باختيار المضخات وما يستدعي ذلك من فهم لمصطلحات التصرف وسمت المضخة وقدرتها وكفاءتها.

وقد رتب الكتاب في أربع وحدات وسبعة فصول لتتماشى مع التفصيلات المحددة للمنهج. ولقد روعي أن تأخذ الفصول ترتيباً تسلسلياً من أول الكتاب إلى آخره ويتبع ذلك ترقيم الأشكال والمعادلات حتى يسهل الإشارة إليها من أي مكان في الكتاب. وفيما يلي عرض لمحتويات هذه الوحدات:

### الوحدة الأولى: تصنيفات ومصطلحات المضخات. وتحتوي الوحدة على فصلين:

#### الفصل الأول: تصنيف المضخات وأنواعها .

ويحتوي على مقدمة تاريخية عن استخدام الإنسان للآلة البسيطة لرفع الماء ثم تصنيف المضخات.

#### الفصل الثاني: مصطلحات المضخات

ويحتوي على المعادلات الخاصة بمصطلحات المضخات وأدائها.

### الوحدة الثانية: المضخات: تركيبها وخصائصها. وتحتوي على ثلاثة فصول:

#### الفصل الثالث: المضخات الطاردة المركزية .

ويحتوي على تركيب المضخة الطاردة المركزية وأنواعها وخصائص أدائها. كما

يحتوي على طريقة تمثيل نقطة تشغيل المضخة على منحنيات أدائها.

#### الفصل الرابع: المضخات التوربينية والفاطسة .

يستعرض الفصل مجالات استخدام المضخات التوربينية والفاطسة ومعرفة الفرق بينهما وتركيباتها المختلفة.

### الفصل الخامس : أنواع المضخات الأخرى .

ويحتوي على بعض أنواع المضخات الأخرى منها ما هو مستخدم في مجالات الري بشكل كبير ومنها ما له تطبيقات خاصة.

### الوحدة الثالثة: ملحقات المضخات. وتحتوي على فصل واحد:

#### الفصل السادس: ملحقات المضخات .

يشير هذا الفصل إلى التلميحات الضرورية الخاصة بملحقات المضخات مثل محركات الإدارة وعامود نقل الحركة وصندوق التروس والقوابض والفرامل.

### الوحدة الرابعة: اختيار المضخات. وبها فصل واحد:

#### الفصل السابع: اختيار المضخات

ويشمل هذا الفصل بشكل مختصر أبسط الطرق لاختيار المضخة المناسبة لمدى تشغيل معين.

ولاكتمال النفع من هذا العمل نوصي بتطبيق المتدرب في الجزء العملي حتى يكتمل له فهم أجزاء المضخات وطرق تشغيلها.

ولقد روعي عدم تكرار المعلومة في الجزأين النظري والعملي حتى يضطر المتدرب إلى مراجعة كلا الجزأين لكي تكتمل عنده المهارة المطلوبة ألا وهي الفهم النظري والتطبيق العملي.

والله نسأل أن يستفيد القارئ من هذه المادة النظرية كما نسأله أن يجعل عملنا خالصاً لوجهه الكريم وأن يجعله في ميزان حسناتنا إنه نعم المولى ونعم المجيب.



المملكة العربية السعودية  
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني  
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

## المضخات الزراعية

### المضخات وأنواعها

المضخات وأنواعها

## الفصل الأول

: تصنيف المضخات وأنواعها.

## الجدارة

: تصنيف المضخات.

## الأهداف

: عندما تكتمل هذه الوحدة يكون المتدرب قادراً على:

- ١- معرفة تصنيف المضخات.
- ٢- معرفة حدود استخدام الأنواع المختلفة من المضخات.

## مستوى الأداء المطلوب

- ١- أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ٩٠٪.
- ٢- أن يصل المتدرب إلى إتقان ٩٠٪ من محتوى الوحدة.

الوقت المتوقع للتدريب : ٣ ساعات دراسية

## الوسائل المساعدة

: الإطلاع على المراجع المذكورة في نهاية الكتاب.

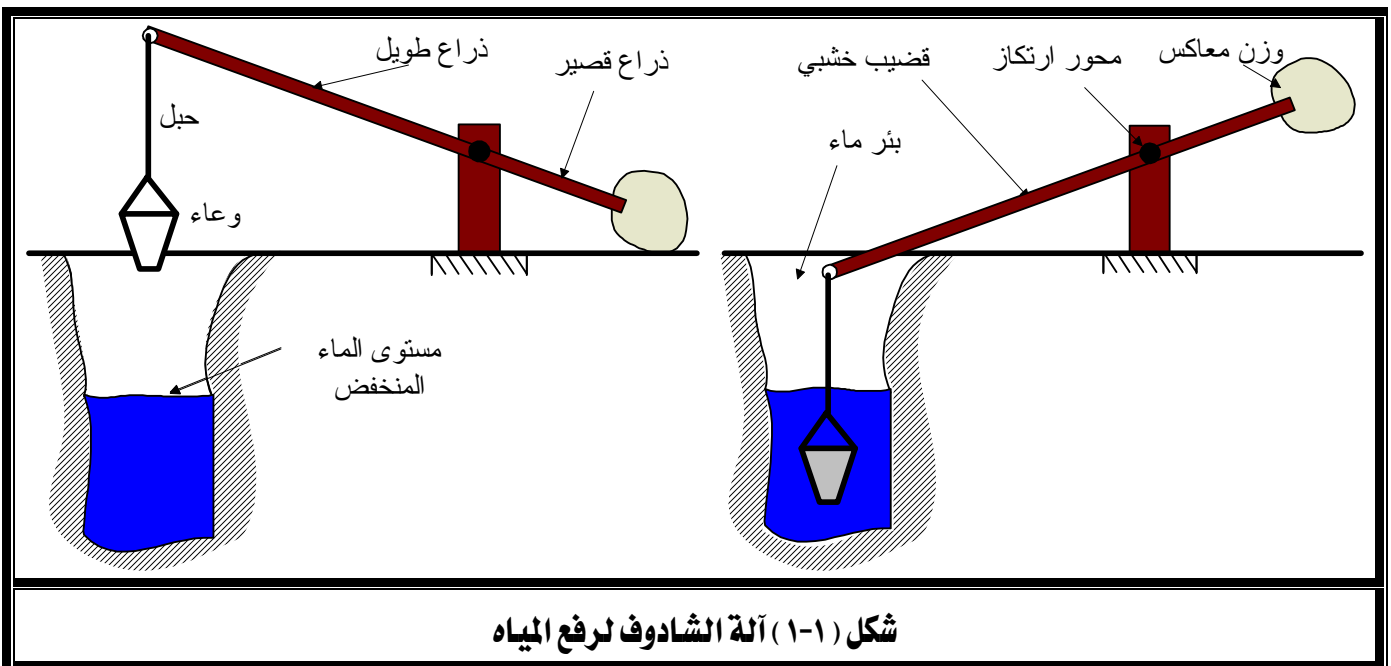
## الفصل الأول : تصنيف المضخات وأنواعها Pumps classification and types

### ١-١ مقدمة تاريخية :

اعتاد الإنسان مشاهدة نزول الماء من أعلى إلى أسفل ففهم أن ذلك خاضعاً لقوانين محددة خلقها الله سبحانه وتعالى. إلا أنه تعلم من خلال تجاربه أن رفع الماء من أسفل إلى أعلى يحتاج إلى بذل جهد إما يدوياً أو عن طريق الاستعانة بآلة تحتاج في عملها إلى طاقة الحيوان أو الوقود.

ولقد حاول الإنسان على مر العصور الاستفادة من الماء بشتى الطرق في مجالات متعددة منها الشرب والري وكافة الصناعات القائمة عليه كعنصر أساسي. ونظراً لأن حاجة الإنسان إلى الماء تتطلب نقله من مكان إلى آخر أو رفعه من مستوى منخفض إلى مستوى مرتفع فقد بدأ باختراع آلات رفع الماء التي منها ما تعمل يدوياً أو باستخدام الحيوان أو آلياً.

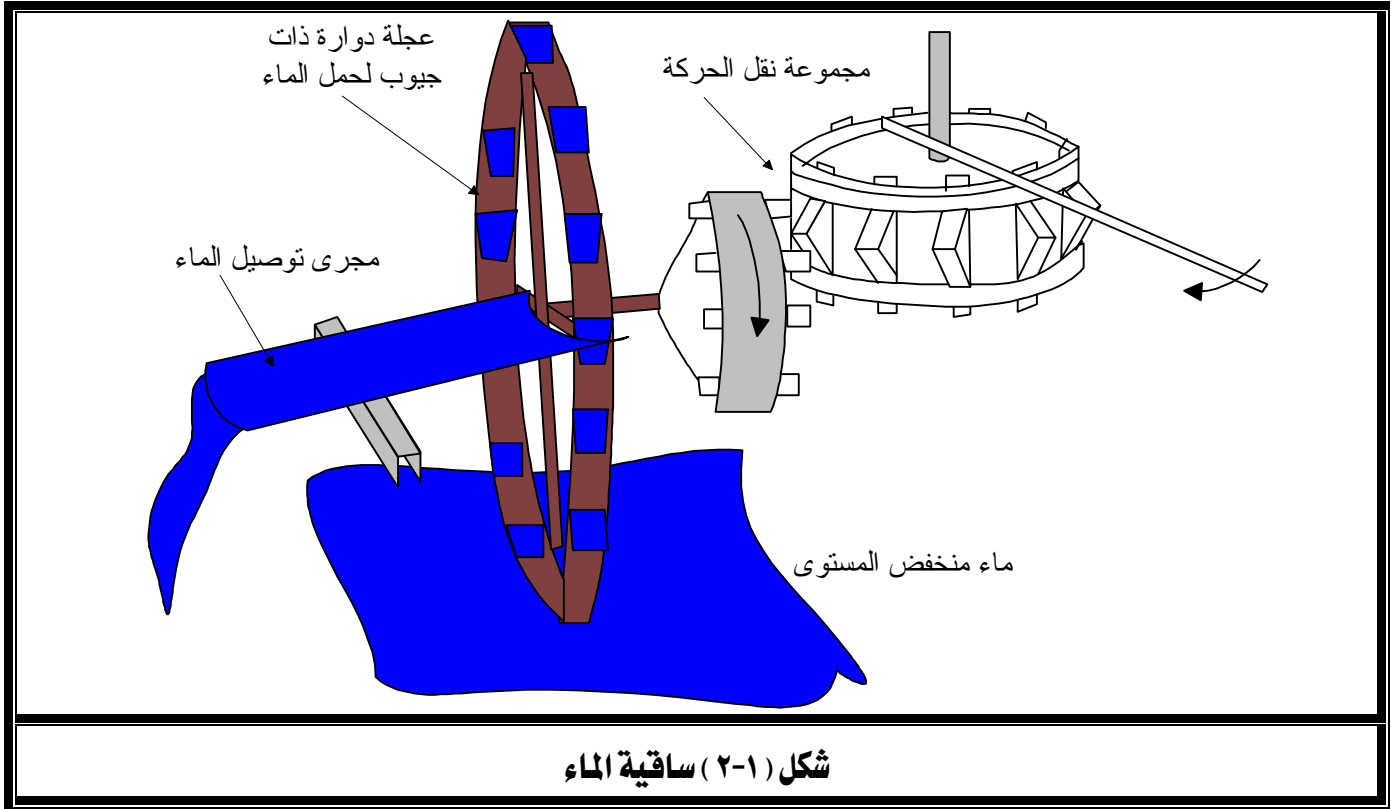
وتعتبر آلة الشادوف من أقدم ما استعمله الإنسان لرفع الماء من الآبار بطريقة توفر عليه جهداً كبيراً. ويبين شكل (١-١) طريقة عمل الشادوف والذي يتكون من قضيب خشبي طويل يرتكز قرب نهايته على محور مثبت في كتلة خشبية متينة بحيث يكون حر الحركة حول محوره. كما يثبت بإحدى طرفي القضيب (ناحية الذراع الطويل) حبل في نهايته وعاء بينما يثبت وزن معاكس في نهاية طرف الذراع القصير ليجعل أرجحة القضيب الخشبي حول محوره سهلة ولا تتطلب جهداً كبيراً.



شكل (١-١) آلة الشادوف لرفع المياه

ولما ازدادت حاجة الإنسان إلى كميات كبيرة من الماء في الزراعة توصل إلى اختراع آلة الساقية التي تستخدم طاقة الحيوان لإدارتها.

تتكون الساقية، كما يتضح من شكل (٢-١)، من مجموعة لنقل الحركة وعجلة رأسية دوارة. ومجموعة نقل الحركة عبارة عن ترسين خشبيين أحدهما أفقي والآخر رأسي معشقان على شكل زاوية قائمة. يوضع الترس الرأسي أعلى مصدر الماء ويقوم بإدارة عجلة رأسية كبيرة ذات جيوب تحمل الماء من أسفل وتصبه في مجرى متصل بمركز العجلة. ويقوم الحيوان بإدارة الترس الأفقي في مسار دائري فتدور الساقية ذات الجيوب في الاتجاه الرأسي.



أما في وقتنا الحاضر فُتستخدم المضخات لرفع وتحريك السوائل من مكان إلى آخر، وهي عبارة عن آلة يدور فيها عضو دوار داخل غلاف محكم فيسحب السائل إلى داخلها ليبذل عليه شغلاً بمقدار طاقة حركته فيخترنه السائل في صورة طاقة تسبب ارتفاع في ضغطه وتجعله يخرج مندفعاً من مخرج المضخة.

وجدير بالذكر أن المضخة لا تملك بذاتها رفع ضغط السائل المار بها لأن ذلك يحتاج إلى صب الماء في حيز مغلق، ولكن يستعاض عن ذلك بوجود مقاومة تعاكس سريان الماء. فبينما يتحرك السائل من

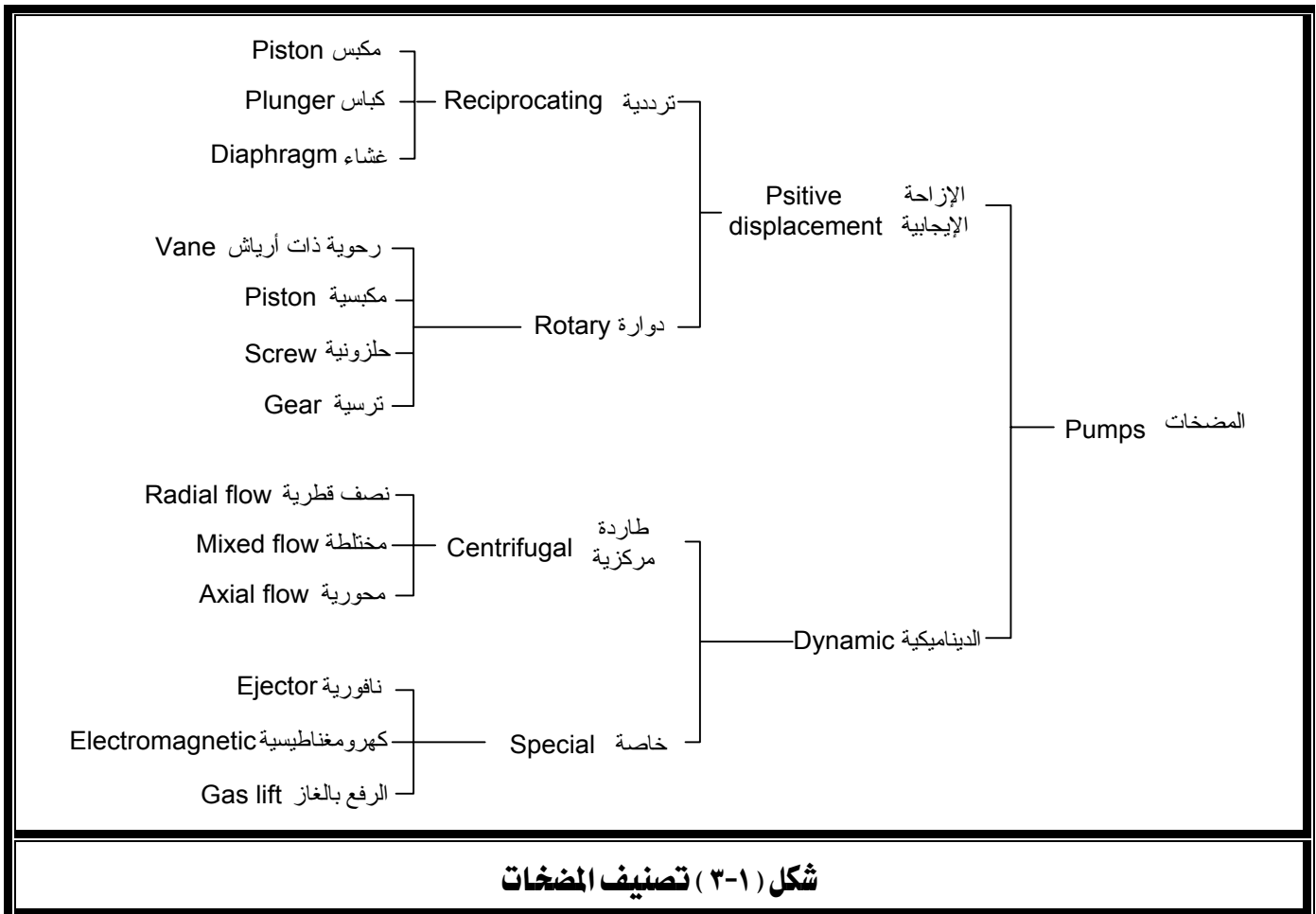


مدخل المضخة إلى خارجها فإنه يكتسب قدراً من الطاقة، وهو في نفس الوقت يواجه مقاومة لدفعه وتحريكه خلال بقية منظومة المضخة وملحقاتها من مواسير ووصلات وصمامات فتتحول تلك الطاقة إلى ضغط بمقدار هذه المقاومة.

وبهذا يتحدد ضغط المضخة بمقدار الحمل الملقى على عاتقها بالإضافة إلى طاقة الوضع بين مستويي السائل الأدنى والأعلى لسحب وطرده المضخة.

### ٢-١ تصنيف المضخات:

تنقسم المضخات إلى نوعين أساسيين هما مضخات الإزاحة الإيجابية والمضخات الديناميكية، وبين شكل (٣-١) تصنيف أهم أنواع هاذين النوعين من المضخات.

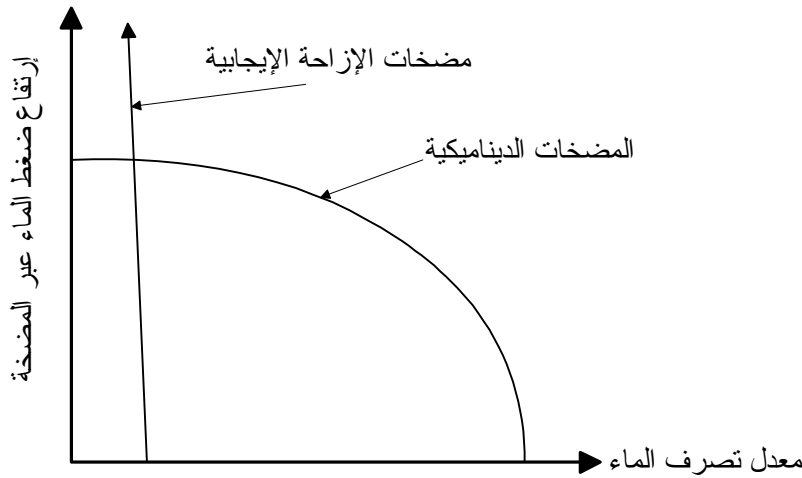


شكل (٣-١) تصنيف المضخات

وتجدر الإشارة إلى أن هناك فرقاً جوهرياً بين مضخات الإزاحة الإيجابية والمضخات الديناميكية يكمن في أن الأولى تعطي حجماً محدداً من السائل في فترة معينة ثم يتوقف خروج السائل لفترة أخرى أثناء دورة تشغيل واحدة، بينما تعطي المضخات الديناميكية تصرفاً مستمراً للسائل.

### ٣-١ مقارنة بين مضخات الإزاحة الإيجابية والمضخات الديناميكية :

- تعطي المضخات الديناميكية معدلات تصرف عالية (حتى ٤٠٠,٠٠٠ لتر/دقيقة) وذلك على حساب ضغط معقول للماء الخارج من المضخة (بضعة بار) بينما تعطي مضخات الإزاحة ضغوطاً عالية (حول ٣٠٠ بار) عند معدلات تصرف منخفضة (قد يصل إلى ٢٥ لتر/دقيقة).
- تحتاج المضخات الديناميكية إلى عملية تحضير لكي تمتلئ المضخة بالماء قبل بدء تشغيلها بينما تتميز مضخات الإزاحة بأنها ذاتية التحضير في كثير من التطبيقات.
- يختلف أداء مضخات الإزاحة عن المضخات الديناميكية تماماً كما يتضح من شكل (٤-١)، حيث يعتمد الارتفاع في ضغط الماء عبر مضخات الإزاحة الإيجابية على أبعاد المضخة وسرعتها ولا يتأثر كثيراً بمعدل تصرف الماء بينما يتأثر الضغط كثيراً بمعدل التصرف في حالة المضخات الديناميكية.



شكل (٤-١) مقارنة أداء مضخات الإزاحة والمضخات الحركية

### تمارين

- ١- اذكر النوعين الأساسيين للمضخات.
- ٢- اذكر ثلاثة أنواع للمضخات الدوارة.
- ٣- اذكر نوعين للمضخات الترددية.
- ٤- اذكر أنواع المضخات الطاردة المركزية.
- ٥- ما الفرق بين مضخات الإزاحة الإيجابية ومضخات الطرد المركزي ؟

## الفصل الثاني

: مصطلحات المضخات.

### الجدارة

: معرفة مصطلحات المضخات .

### الأهداف

: عندما تكتمل هذه الوحدة يكون المتدرب قادراً على:

- ١- إتقان ماهية المصطلحات الخاصة بالمضخات.
- ٢- حساب السرعة النسبية للمضخة.
- ٣- حساب كفاءة المضخة.
- ٤- تحديد سمت السحب الصافي الموجب للمضخة.

### مستوى الأداء المطلوب

- ١- أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ٩٠٪.
- ٢- أن يصل المتدرب إلى إتقان ٩٠٪ من محتوى الوحدة.

الوقت المتوقع للتدريب : ٥ ساعات دراسية

### الوسائل المساعدة

: الإطلاع على المراجع المذكورة في نهاية الكتاب.

## الفصل الثاني : مصطلحات المضخات Pumps Terminologies

### ١.٢ مصطلحات خاصة بالمضخات Pump Terminology

#### ٢-١-١ معدل تصريف المضخة (التصرف) (Q): Pump volume flow rate

ويطلق عليه التصريف على سبيل الاختصار، ويعرف بأنه حجم الماء الذي تعطيه المضخة في ثانية واحدة، ويقاس بوحدة  $m^3/s$  (متر مكعب لكل ثانية). ويمكن تقديره عملياً بقياس الزمن اللازم لملء حجم معين بالماء الخارج من المضخة ثم قسمة الحجم على الزمن.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2-1)$$

حيث:  $V$  هو حجم السائل بوحدة ( $m^3$ ).  
 $t$  هو الزمن بوحدة (s).

#### ٢-١-٢ السرعة (v): Velocity

هي المسافة التي تقطعها نقطة ما من السائل في زمن قدره ثانية واحدة، وتقاس بوحدة  $m/s$  (متر لكل ثانية)، ويمكن حسابها من القانون التالي:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (2-2)$$

حيث:  $Q$  هي تصريف المضخة بوحدة  $m^3/s$

$A$  هي مساحة مقطع السريان بوحدة  $m^2$  وتحسب من العلاقة  $A = \frac{\pi}{4} d^2$  في حالة الماسورة دائرية المقطع.

وعلى ذلك يمكن حساب قيمة السرعة كالتالي:

$$v = 1.273 \frac{Q}{d^2} \quad (2-3)$$

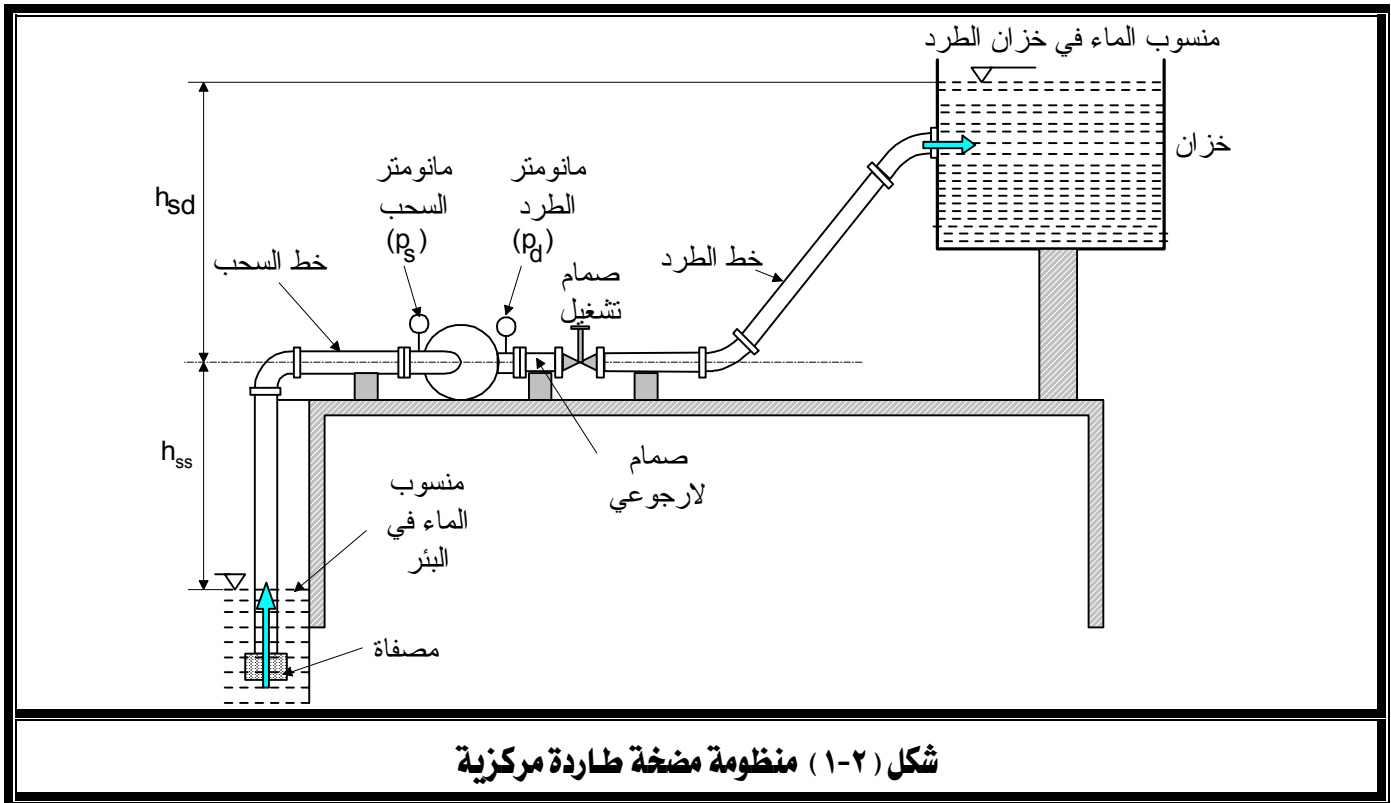
حيث:  $d$  هو قطر الماسورة بوحدة (m).

### ٢-١-٣ السميت (H)؛ Head

هو ارتفاع عمود الماء عند مستوى معين، ويقاس بوحدة m (متر). كما يطلق أيضاً على ارتفاع عمود الماء المناظر لطاقة الماء (طاقة الوضع + طاقة الحركة + طاقة الضغط) عند نقطة معينة.

$$H = h + \frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} \quad (2-4)$$

حيث: h هو سميت طاقة الوضع  
p/ρg يمثل سميت الضغط  
v<sup>2</sup>/2g تمثل سميت السرعة



### ٢-١-٤ سميت السحب الإستاتيكي (hss) Static suction head

المسافة الرأسية بين السطح الحر للماء في البئر ومركز المضخة، كما يتضح من شكل (١-٢)، ويتخذ الرمز hss.

## ٥-١-٢ سمث الطرد الإستاتيكي ( $h_{sd}$ ) : Static discharge head

المسافة الرأسية بين السطح الحر للماء في خزان الطرد ومركز المضخة ، كما يتضح من شكل (١-٢) ، ويتخذ الرمز  $h_{sd}$ .

## ٦-١-٢ السمث الإستاتيكي الكلي ( $h_{ts}$ ) : Total static head

هو المجموع الجبري لكل من سمثي السحب والطرد.

$$h_{ts} = h_{ss} + h_{sd} \quad (2-5)$$

## ٧-١-٢ سمث الاحتكاك ( $h_f$ ) : Friction head

هو فاقد الضغط بالاحتكاك خلال سريان الماء في مسار معين سواء في خط السحب أو الطرد ويعبر عنه بوحدة المتر.

يصنف هذا الفقد إلى نوعين أساسيين هما فقد الضغط في الأنابيب وفقد الضغط في الوصلات (مثل الأكواع والمشتركات والصمامات وغيرها). ويمكن حساب قيمة فاقد الاحتكاك في الأنابيب من المعادلة التالية :

$$h_{f,p} = f \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g} \quad (2-6)$$

حيث :  $f$  هو معامل الاحتكاك ويعتمد على نوع السريان وخشونة سطح الأنبوب.

$L$  هو طول الأنبوب بوحدة (m).

$d$  هو قطر الأنبوب بوحدة (m).

$v$  هي سرعة الماء داخل الأنبوب بوحدة (m/s).

كما يمكن حساب فاقد الاحتكاك في الوصلات من المعادلة التالية :

$$h_{f,c} = k \frac{v^2}{2g} \quad (2-7)$$

حيث :  $k$  هو ثابت الاحتكاك في الوصلة أو الصمام.

## ٨-١-٢ سميت المضخة ( $h_p$ ) : Pump head

المجموع الجبري للسمت الإستاتيكي الكلي وسمتي الاحتكاك في كل من خطي السحب والطرء.

$$h_p = h_{ss} + h_{sd} + h_{f,s} + h_{f,d} \quad (2-8)$$

حيث:  $h_{f,s}$  هو فاقد الضغط في خط السحب  
 $h_{f,d}$  هو فاقد الضغط في خط الطرد

## ٩-١-٢ قدرة ضخ الماء ( $P_w$ ) : Water pumping power

هي طاقة الوضع التي يكتسبها معدل معين من الماء Q لرفعه مسافة معينة ( $h_p$ ) ، ويعبر عنها بوحدة (W) وتحسب كالتالي:

$$P_w = \gamma Q h_p \quad (2-9)$$

حيث  $\gamma$  هي الوزن النوعي للماء ويساوي  $9800 \text{ N/m}^3$ .

## ١٠-١-٢ قدرة المضخة الفرملية ( $P_b$ ) : Pump brake power

هي القدرة اللازمة لتشغيل المضخة ، وهي تزيد عن قدرة ضخ الماء بمقدار الاحتكاك داخل الأجزاء المتحركة بالمضخة.

## ١١-١-٢ كفاءة المضخة ( $\eta_p$ ) : Pump efficiency

هي نسبة قدرة ضخ الماء إلى القدرة الفرملية.

$$\eta_p = \frac{P_w}{P_b} = \frac{\gamma Q h_p}{P_b} \quad (2-10)$$

وهي تعبر عن مدى الاستفادة من طاقة المضخة في ضخ الماء.



## ٢-١-١٢ السرعة النوعية ( $N_s$ ): Specific speed

نظراً لتوافر أنواع عديدة من المضخات بأبعاد وسرعات لاحتصر لها فإن مهمة اختيار المضخة المناسبة التي تعمل بكفاءة عالية عند مدى التشغيل المطلوب في تطبيق معين يصبح أمراً عسيراً. لذا فقد تم تصنيف المضخات تبعاً لمجموعة لابعدية تسمى السرعة النسبية يمكن من خلالها تحديد نوع المضخة. تعرف السرعة النوعية تبعاً للمعادلة التالية:

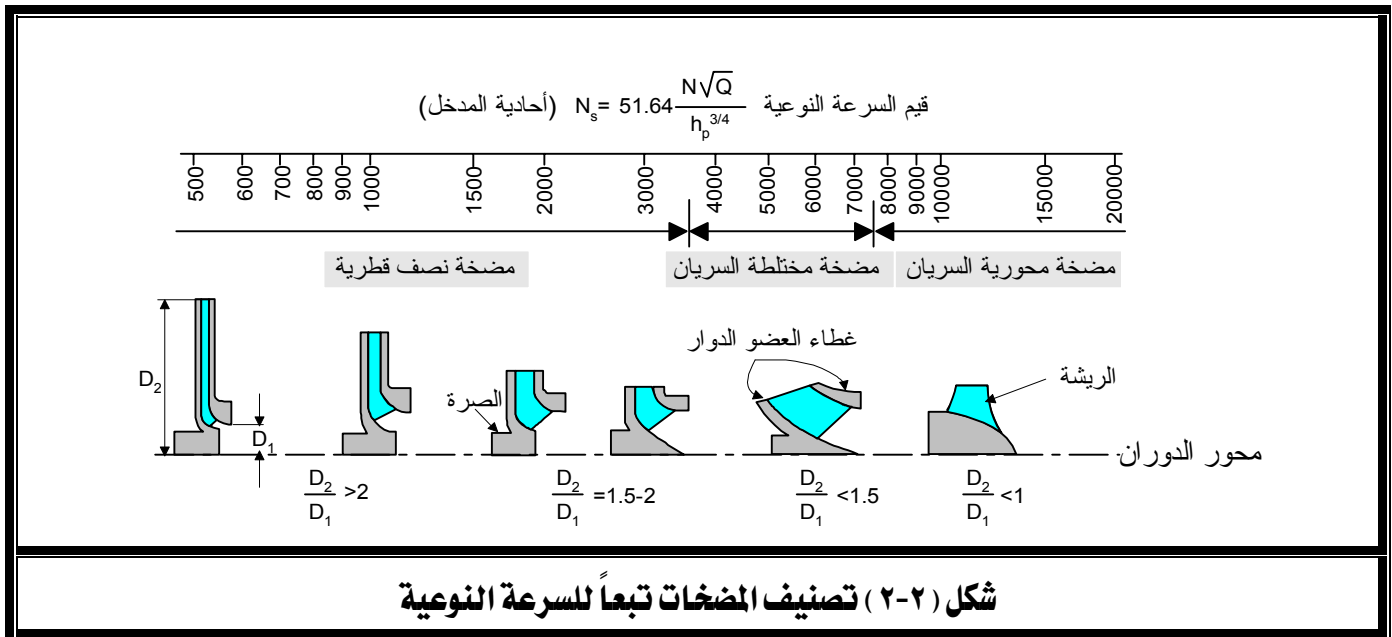
$$N_s = 51.64 \frac{N\sqrt{Q}}{h_p^{3/4}} \quad (2-11)$$

حيث:  $N$  هي سرعة دوران المضخة أي عدد اللفات في الدقيقة rpm

$Q$  هو تصرف المضخة بوحدة ( $m^3/s$ ).

$h_p$  هو سمت المضخة بوحدة (m).

يبين شكل (٢-٢) مدى السرعات النسبية لكل نوع من أنواع المضخات.



## ٢-١-١٣ سمت السحب الصافي الموجب (NPSH): Net positive suction head

عندما تتركب مضخة فوق مستوى سطح الماء بارتفاع معين فإن ضغط الماء عند مدخل المضخة يصير أقل من الضغط الجوي. فإذا تصادف أن تساوت قيمة هذا الضغط مع ضغط تبخر الماء المناظر لدرجة حرارته فإنه يتحول إلى بخار، وعندئذ لا تستطيع المضخة أداء عملها بطريقة مرضية حيث إن وجود

فقاعات بخار الماء وسط الماء تجعل دوران المضخة مضطرباً. تسمى هذه الظاهرة ظاهرة التكيف Cavitation، وهي غير مرغوب فيها لأنها تحدث اهتزازات خطيرة وتسبب تآكل معدن المضخة كما تقلل من سريان الماء وكفاءة المضخة. ويمكن تجنب حدوث هذه الظاهرة بتقدير أقصى عمق آمن لسطح الماء أسفل المضخة والذي يسمى سمت السحب الصافي الموجب ويمكن حسابه من المعادلة التالية:

$$NPSH = \frac{p_a}{\gamma} - \frac{p_v}{\gamma} - h_f - h_s \quad (2-12)$$

حيث:  $p_a$  هو الضغط الجوي المطلق بوحدة  $(N/m^2)$ .  
 $P_v$  هو ضغط تشبع الماء المناظر لدرجة حرارته عند مدخل المضخة بوحدة  $(N/m^2)$ .

ولضمان تشغيل آمن للمضخة يجب أن نحافظ على قيمة معينة لسمت السحب الصافي الموجب والذي يعتمد على تصميم المضخة نفسها بالإضافة إلى ظروف التشغيل. لذا يزود صانع المضخة المشغل بمعامل تجريبي يسمى معامل التكيف  $\sigma_c$  (دالة في السرعة النوعية للمضخة) يمكن عن طريقه حساب أقصى ارتفاع آمن للمضخة عن مستوى سحب الماء.

$$\sigma_c = \frac{\frac{p_a}{\gamma} - \frac{p_v}{\gamma} - h_f - (h_s)_{\max}}{h_p} \quad (2-13)$$

وعليه يكون سمت السحب الأقصى المسموح به كآلاتي:

$$(h_s)_{\max} = \frac{p_a}{\gamma} - \frac{p_v}{\gamma} - \sigma_c h - h_f \quad (2-14)$$

وبين الجدول (١-٢) بعض قيم معامل التكيف وكذلك بعض القيم المطلقة لضغط تبخر الماء.

جدول (١-٢)				
$N_s$	$\sigma_c$		$t \text{ } ^\circ\text{C}$	$p_v \text{ } N/m^2$
1000	0.05		20	2337
2000	0.1		30	4242
4000	0.3		40	7375

وسوف نعرض في الفصول القادمة بعض أنواع المضخات بشيء من التفصيل مع شرح وايفي لتركيباتها وطرق عملها وأدائها وكل ما يتعلق بها.

### أمثلة محلولة

١- يسري ماء بمعدل  $360 \text{ m}^3/\text{h}$  في ماسورة قطرها  $200 \text{ mm}$  ، احسب سرعة الماء في الماسورة.

#### الحل

$$Q = \frac{360}{3600} = 0.1 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{معدل تصريف الماء :}$$

$$d = \frac{200}{1000} = 0.2 \text{ m} \quad \text{قطر الماسورة:}$$

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} 0.2^2 = 0.0314 \text{ m}^2 \quad \text{مساحة مقطع الماسورة:}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0.1}{0.0314} = 3.185 \text{ m/s} \quad \text{سرعة الماء:}$$

٢- احسب ضغط الماء نتيجة لارتفاع عمود ماء قدره  $30 \text{ m}$ .

#### الحل

$$p = \gamma h = 9.8 \times 1000 \times 30 = 2.94 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \quad \text{الضغط:}$$

$$p = \frac{2.94 \times 10^5}{100000} = 2.94 \text{ bar}$$

٣- احسب السرعة النسبية لمضخة سرعتها  $1450 \text{ rpm}$  ومعدل تصرفها  $500 \text{ m}^3/\text{h}$  وترفع الماء بين مستويين المسافة الرأسية بينهما  $50 \text{ m}$ .

### الحل

$$Q = \frac{500}{3600} = 0.1389 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{معدل التصريف:}$$

$$N_s = 51.64 \frac{N\sqrt{Q}}{h^{3/4}} \quad \text{السرعة النسبية:}$$

$$N_s = 51.64 \frac{1450\sqrt{0.1389}}{50^{0.75}} = 1484.2$$

٤- مضخة تصرفها  $200 \text{ m}^3/\text{hr}$  ترفع الماء مسافة رأسية قدرها  $20 \text{ m}$  . احسب قدرة ضخ الماء وكفاءة المضخة إذا علم أن قدرة المضخة الفعلية هي  $15 \text{ kW}$  .

### الحل

$$\gamma = 9.8 \times 1000 = 9800 \text{ N/m}^3 \quad \text{الوزن النوعي للماء:}$$

$$Q = \frac{200}{3600} = 0.0556 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_w = \gamma Q h_p \quad \text{قدرة ضخ الماء:}$$

$$P_w = \frac{9800 \times 0.0556 \times 20}{1000} = 10.898 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{P_w}{P_b} = \frac{10.898}{15} = 0.727 \quad \text{كفاءة المضخة:}$$

٥- مضخة لها معامل تكهف  $0.1$  تضخ الماء لارتفاع  $25 \text{ m}$  عند درجة حرارة  $30^\circ \text{C}$  . ما هو أقصى ارتفاع لماسورة السحب إذا علم أن الضغط الجوي على سطح البئر  $1.033 \text{ bar}$  وسمت فاقد الاحتكاك في خط السحب هو  $0.35 \text{ m}$  .

الحل

بالرجوع إلى الجدول (١-٢)

$$P_v = 4242 \text{ N/m}^2$$

ضغط تبخر الماء:

$$p_a = 1.033 \times 100000 = 103300 \text{ N/m}^2$$

الضغط الجوي:

ثم بالتعويض في المعادلة (2-13)

$$(h_s)_{\max} = \frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - \sigma_c h - h_f \quad (2-13)$$

$$= \frac{103300}{9800} - \frac{4242}{9800} - 0.1 \times 25 - 0.35$$

$$= 10.541 - 0.433 - 2.5 - 0.35$$

$$(h_s)_{\max} = 7.258 \text{ m}$$

## تمارين

- ١- يسري ماء بمعدل  $300 \text{ m}^3/\text{h}$  في ماسورة قطرها  $200 \text{ mm}$  ، احسب سرعة الماء في الماسورة.
- ٢- احسب ضغط الماء نتيجة لارتفاع عمود ماء قدره  $20 \text{ m}$ .
- ٣- احسب السرعة النسبية لمضخة سرعتها  $1450 \text{ rpm}$  وتصرفها  $2000 \text{ m}^3/\text{h}$  وترفع الماء بين مستويين المسافة الرأسية بينهما  $25 \text{ m}$  ، ثم بين إلى أي أنواع المضخات تنتمي هذه المضخة.
- ٤- اذكر مدى السرعة النسبية المستخدمة في أنواع مضخات الطرد المركزي.



## المضخات الزراعية

### أنواع المضخات

أنواع المضخات

١

**الفصل الأول**

: المضخات الطاردة المركزية.

**الجدارة**

: تركيب وتشغيل مضخات الطرد المركزي.

**الأهداف**

: عندما تكتمل هذه الوحدة يكون المتدرب قادراً على:

- ١- معرفة الأصناف الثلاثة لمضخات الطرد المركزي.
- ٢- معرفة أجزاء المضخة الطاردة المركزية.
- ٣- شرح عمل المضخة الطاردة المركزية.
- ٤- فهم خصائص مضخات الطرد المركزي.
- ٥- توقيع نقطة تشغيل المضخة على منحنيات الأداء .

**مستوى الأداء المطلوب**

- ١- أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ٩٠٪.
- ٢- أن يصل المتدرب إلى إتقان ٩٠٪ من محتوى الوحدة.

**الوقت المتوقع للتدريب**

: ٤ ساعات دراسية .

**الوسائل المساعدة**

- ١- الاطلاع على المراجع المذكورة في نهاية الكتاب.
- ٢- فحص نماذج بعض المضخات.
- ٣- مراجعة كتالوجات الشركات المصنعة للمضخات.
- ٤- ممارسة الجزء العملي الخاص بهذا الجزء.



## الفصل الأول: المضخات الطاردة المركزية

### The Centrifugal Pumps

#### ١-٣ تعريف:

تسمى المضخة الطاردة المركزية بهذا الاسم لأن السائل يندفع من مدخلها إلى مخرجها بواسطة القوة الطاردة المركزية التي يبذلها عضو المضخة الدوار على السائل. تتميز المضخات الطاردة المركزية بالآتي:

- ١- بساطة التصميم .
- ٢- رخص الثمن.
- ٣- انخفاض مستوى الضوضاء عند الدوران.
- ٤- انتظام سريان الماء وخلوه من الاضطرابات.
- ٥- انخفاض تكاليف الصيانة.

وكما أسلفنا من قبل فإن مضخات الطرد المركزي، من حيث تصميم العضو الدوار، تصنف إلى ثلاثة أنواع، راجع شكل (٢-٣):

- ١- سريان نصف قطري Radial flow .
- ٢- مختلطة السريان Mixed flow .
- ٣- محورية السريان Axial flow .

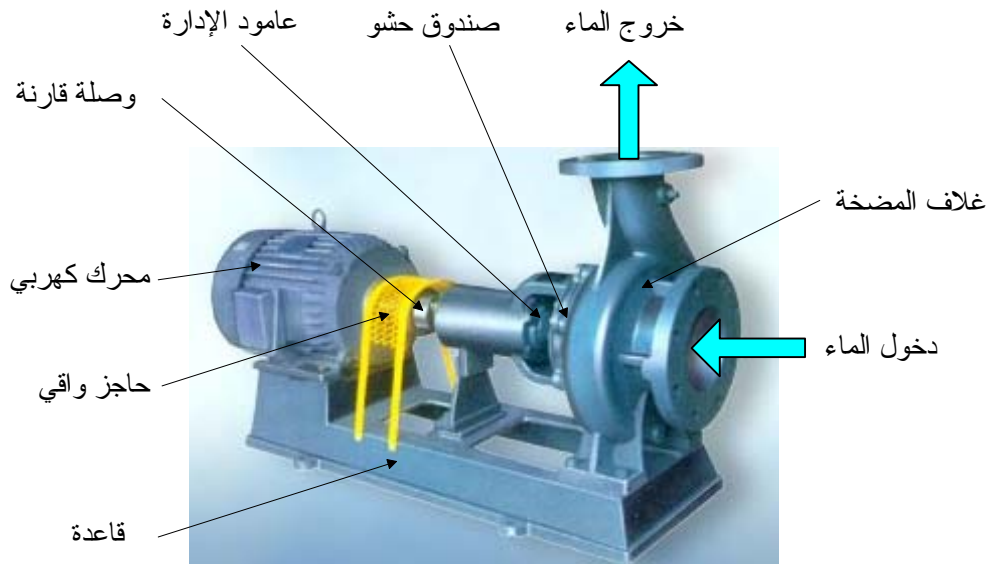
يتميز كل نوع من هذه المضخات بمدى تصرفه ورفع الماء بحيث تغطي مدى كبير من التطبيقات العملية. وسوف نركز في هذا الفصل على مضخات الطرد المركزي ذات السريان النصف قطري، وفي فصل قادم سنلقي الضوء على النوعين الآخرين.

يبين الشكل (١-٣) منظرًا عامًا لمضخة طاردة مركزية نصف قطرية تُدار بواسطة محرك كهربائي

حيث تتصل أعمدة إدارة كل منهما بواسطة وصلة خاصة تسمى القارن (Coupling).

يدخل الماء من مركز المضخة في اتجاه محورها ويخرج من محيطها في اتجاه نصف القطر مما يميزها بقوة طاردة مركزية عالية تؤدي إلى الوصول إلى أقصى رفع للماء بالمقارنة مع النوعين الآخرين لمضخات الطرد المركزي (المختلطة والمحورية)، إلا أن ذلك ينعكس على مدى تصرف المضخة ذات السريان النصف قطري الذي يعد أقل من مثيله في المضخات المختلطة والمحورية.

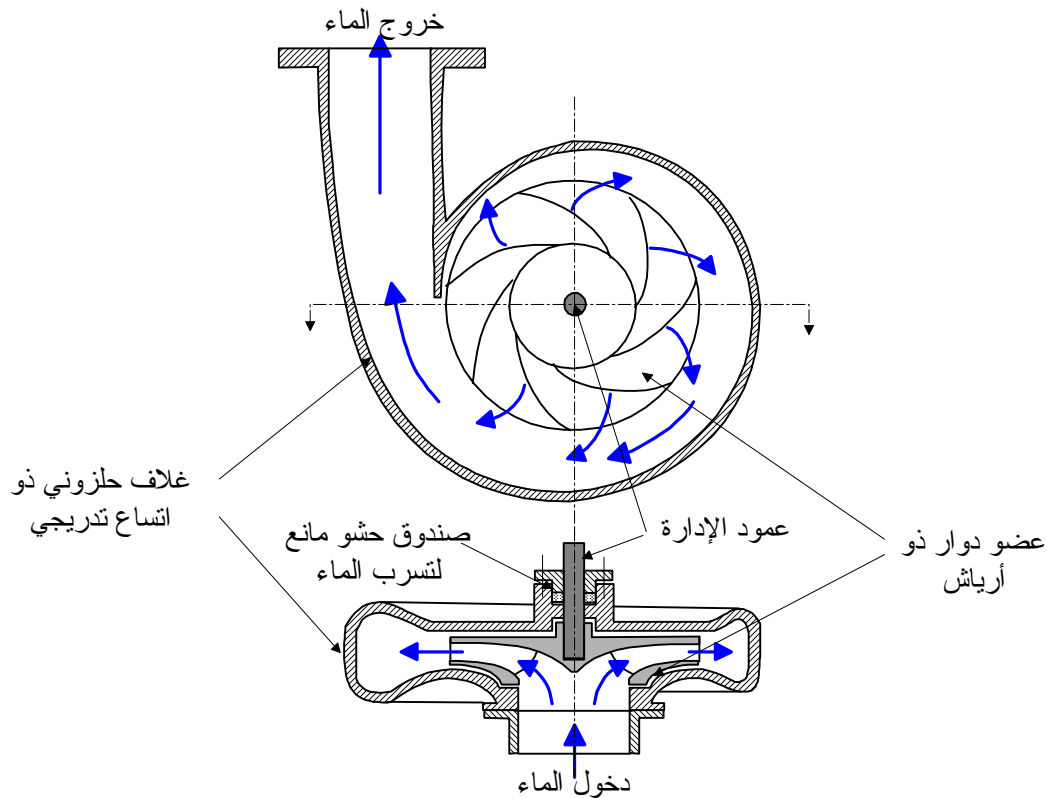
لذا تستخدم المضخة النصف قطرية في التطبيقات التي تستلزم رفع ماء عالي وتصرف منخفض، ويمكن استخدام أكثر من مضخة على التوازي عند الاحتياج إلى تصرف عالي.



شكل (١-٣) مضخة طاردة مركزية تعمل بمحرك كهربائي

### ٢-٣ تركيب المضخة الطاردة المركزية :

تتكون المضخة الطاردة المركزية كما يتضح من شكل (٢-٣) من عضو دوار impeller يدور داخل غلاف محكم Casing يتخذ شكل مجرى حلزوني ذي اتساع متدرج. يتكون العضو الدوار من مجموعة من الريش blades مثبتة على صرة أسطوانية الشكل بها مجرى طولي يُستخدم لتثبيت العضو الدوار على عمود إدارة المضخة بواسطة خابور. يركب عمود الإدارة على مجموعة محامل مثبتة في غلاف المضخة ويمتد العمود فيخترق الغلاف من إحدى نهايتيه ليرتبط مع عمود إدارة محرك التشغيل بواسطة قارن. وحيث أن عمود الإدارة يخترق الغلاف، لذلك يستخدم صندوق حشو لمنع تسرب الماء من بين العمود والغلاف. وفيما يلي شرح مبسط لمكونات المضخة الطاردة المركزية.



شكل (٢-٣) مقطع في مضخة طاردة مركزية

## ١-٢-٣ العضو الدوار : Impeller

هناك ثلاثة أنواع للعضو الدوار، شكل (٣-٣)، هي النوع المغلق والنوع المفتوح والنوع نصف المفتوح. يتميز النوع المغلق بكفاءة تشغيل عالية بينما يستخدم النوع المفتوح في حالة وجود رواسب عالقة في الماء. ويصنع العضو الدوار غالباً من الحديد الزهر وأحياناً من مادة البرونز.



عضو دوار من النوع نصف المفتوح

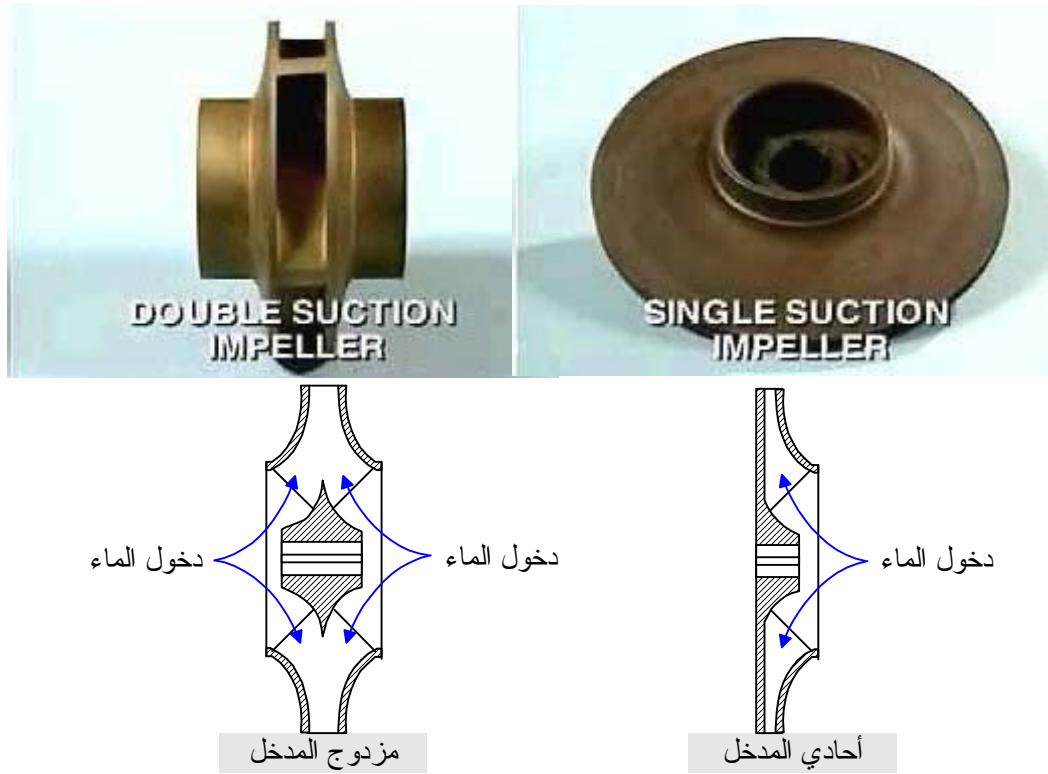
عضو دوار من النوع المفتوح

عضو دوار من النوع المغلق

شكل (٣-٣) أنواع العضو الدوار بالمضخة الطاردة المركزية

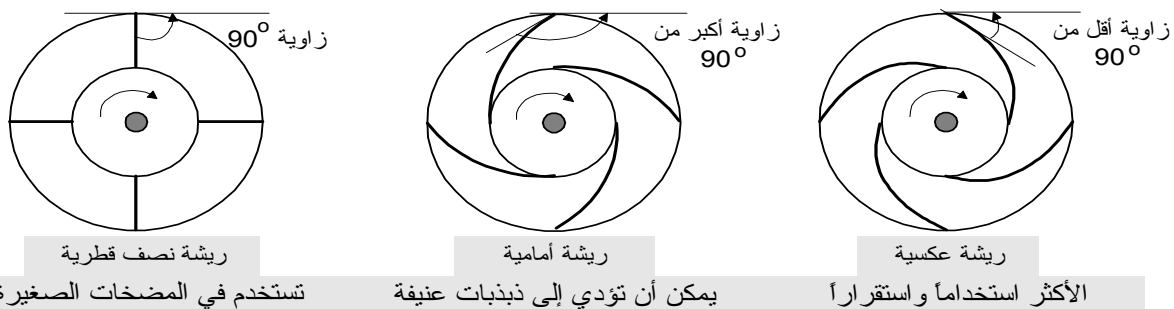
والعضو الدوار إما أن يكون أحادي المدخل عندما يدخله الماء من جانب واحد أو مزدوج المدخل عندما يدخله الماء من كلا جانبيه، كما يتضح من شكل (٤-٣).

تمتاز المضخات ذات العضو الدوار مزدوج المدخل باتزانها ديناميكياً نتيجة لتعادل دفع الماء على جانبي العضو الدوار، بينما تفتقر إلى ذلك المضخات ذات العضو الدوار أحادي المدخل.



شكل (٤-٣) عضو دوار أحادي المدخل وآخر مزدوج المدخل

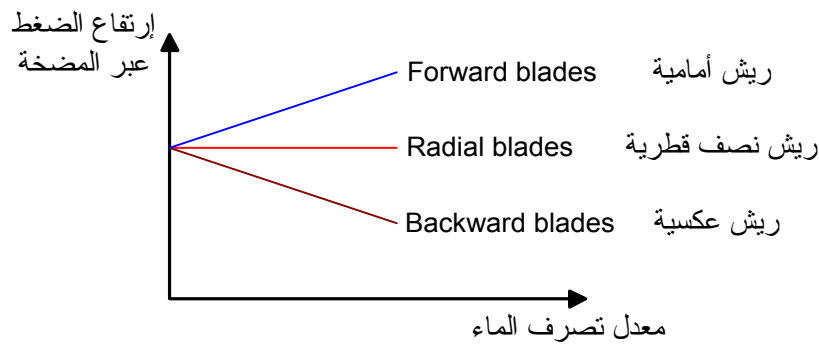
وتأخذ ريش العضو الدوار، شكل (٥-٣)، ثلاثة أشكال رئيسية هي الأمامية والعكسية والنصف قطرية. وتعتبر الريش العكسية أكثر الأنواع شيوعاً في المضخات المستخدمة في مجال الزراعة.



شكل (٥-٣) أشكال ريش العضو الدوار

وتؤثر زاوية الريشة تأثيراً مباشراً على الأداء النظري للمضخة كما هو مبين في شكل (٦-٣) حيث يتضح أن المضخة ذات الريش النصف قطرية لا يتأثر فيها ضغط الماء الخارج من المضخة بتغير معدل تصرفه، أما الريش الأمامية فيزداد ضغط الماء مع زيادة معدل التصريف ويبدو ذلك ميزة جيدة إلا أن تشغيل المضخة يصاحبه اهتزازات قوية وحالة عدم استقرار خصوصاً في بداية تشغيل المضخة مما يؤثر على عمرها الافتراضي.

لذلك تستخدم الريش العكسية بشكل واسع في المضخات نظراً لاستقرار تشغيلها.



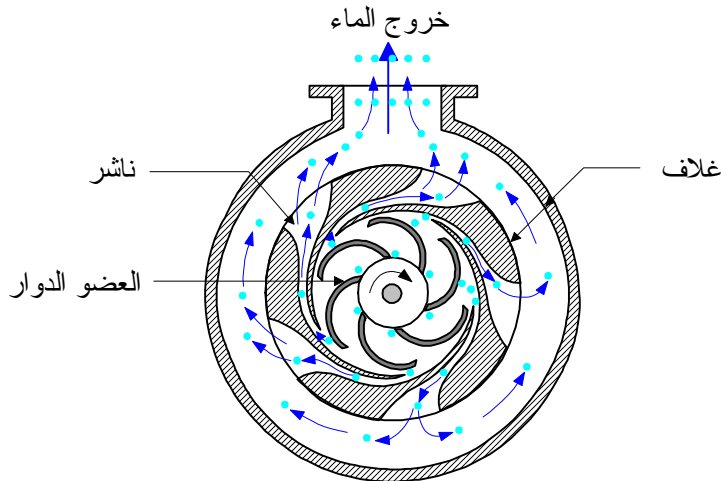
شكل (٦-٣) تأثير زاوية ريشة العضو الدوار على أداء المضخة

### ٢-٢-٣ الغلاف : Casing

غلاف المضخة عبارة عن غرفة محكمة يدور بداخلها العضو الدوار ولها مدخل لدخول الماء ومخرج لخروجه ويصنع غالباً من الحديد الزهر. ولغلاف المضخة الطاردة المركزية نوعان أساسان هما الغلاف الحلزوني ذو الاتساع التدريجي Volute casing والغلاف الناشر Diffuser. يأخذ الغلاف الحلزوني شكل اللولب الذي تتسع مساحة مقطعه تدريجياً كلما اقترب من المخرج مما يسبب خفض سرعة السائل ورفع ضغطه، راجع شكل (٢-٣). يمتاز الغلاف الحلزوني بكفاءته العالية لتحويل طاقة الحركة التي يكتسبها الماء من حركة العضو الدوار إلى طاقة ترفع ضغط الماء الخارج من المضخة.

أما الغلاف الناشر، شكل (٧-٣)، فتوجد به مجموعة من المجاري ذات الاتساع المتدرج تسمى النواشر تأخذ مكانها بين المحيط الخارجي للعضو الدوار والمحيط الداخلي للغلاف، تعمل على تخفيض سرعة الماء الخارج من العضو الدوار وبالتالي رفع ضغطه. يتميز هذا النوع بقلّة فقد الضغط فيه أثناء

تحويل طاقة الحركة إلى ارتفاع في الضغط وذلك خلال مدى كبير من ظروف تشغيل المضخة، لذا فهو يستخدم في المضخات متعددة المراحل ذات الضغوط العالية.



شكل (٧-٣) مضخة طاردة مركزية ذات غلاف من النوع الناشر

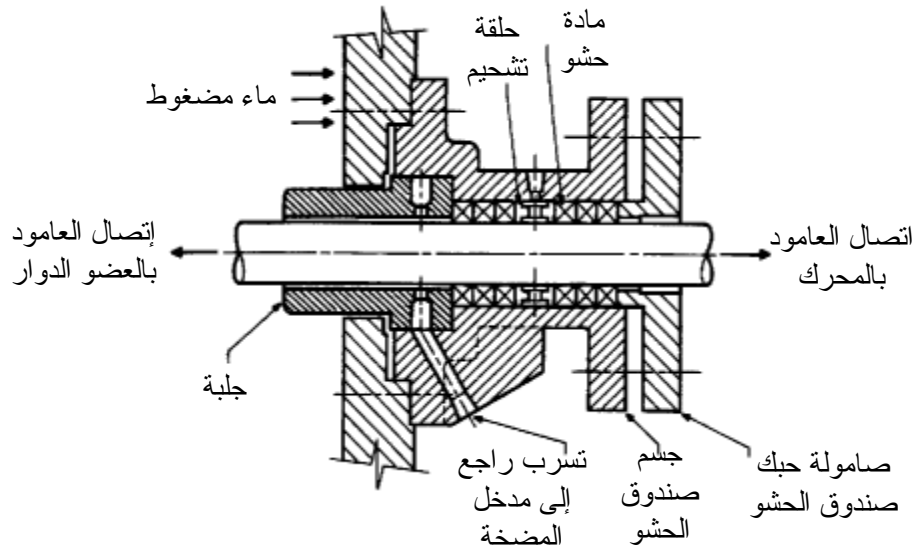
### ٣-٢-٣ صندوق الحشو Stuffing box

من البديهي أثناء تشغيل المضخة أن العضو الدوار يكون مغموراً تماماً بالماء، علاوة على أنه يأخذ حركته من عمود إدارة تنفذ إحدى نهايتيه من خلال غلاف المضخة، لذا يجب إيجاد وسيلة لمنع تسرب الماء من حول هذا العمود (راجع شكل (٣-٢)).

ولمنع التسرب وسائل كثيرة نذكر منها صندوق الحشو الذي هو عبارة عن جسم به تجويف أسطواني بقطر أكبر من قطر العمود يحيط به وتملأ مادة الحشو الفراغ بينهما ثم تُكبس بواسطة جلبة أسطوانية مقلوطة، تتركب من إحدى نهايتيه كما يتضح من شكل (٣-٨).

يراعى عند وضع مادة الحشو أن تحشر في مكانها دون ضغط عالي ثم تُربط جلبة الحبك بطريقة مبدئية تسمح بتسرب بعض الماء ثم تُشغّل المضخة ويعاد ربط جلبة الحبك تدريجياً حتى يتلاشى التسرب، وبذلك نتفادى الضغط الزائد على مادة الحشو الذي يسبب احتكاكاً عالياً يؤدي إلى سخونة زائدة في عمود الإدارة.

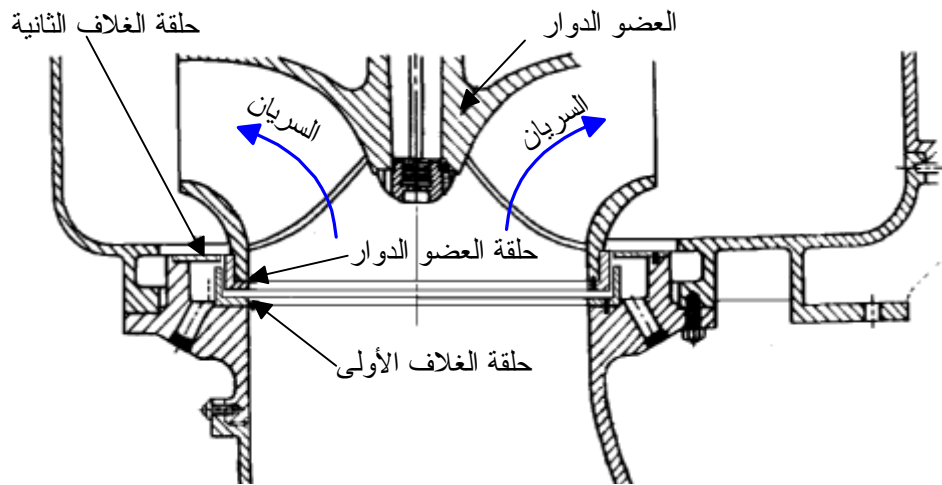
ولتحسين أداء صندوق الحشو يضاف إليه زيت من خلال حلقة تشحيم تتركب في وسط مادة الحشو لتقليل الاحتكاك ومن ثم إطالة عمر مادة الحشو.



شكل (٣-٨) صندوق الحشو

## ٣-٢-٤ حلقات الحيك Wearing rings

تستخدم حلقات الحيك في المضخات الطاردة المركزية لضمان سهولة دوران العضو الدوار داخل الغلاف بأقل خلوص لتقليل تسريب الماء. تتركب إحدى هذه الحلقات مع الغلاف بينما تتركب الأخرى مع العضو الدوار وتستبدل عندما تتآكل ويزداد الخلوص بشكل يؤثر على أداء المضخة. تأخذ هذه الحلقات أشكالاً كثيرة لتلائم تصميم المضخة ويوضح شكل (٣-٩) أحد هذه الأشكال.



شكل (٣-٩) حلقات الحيك للعضو الدوار وغلاف المضخة

### ٣-٣ خصائص مضخات الطرد المركزي: Centrifugal pump characteristics

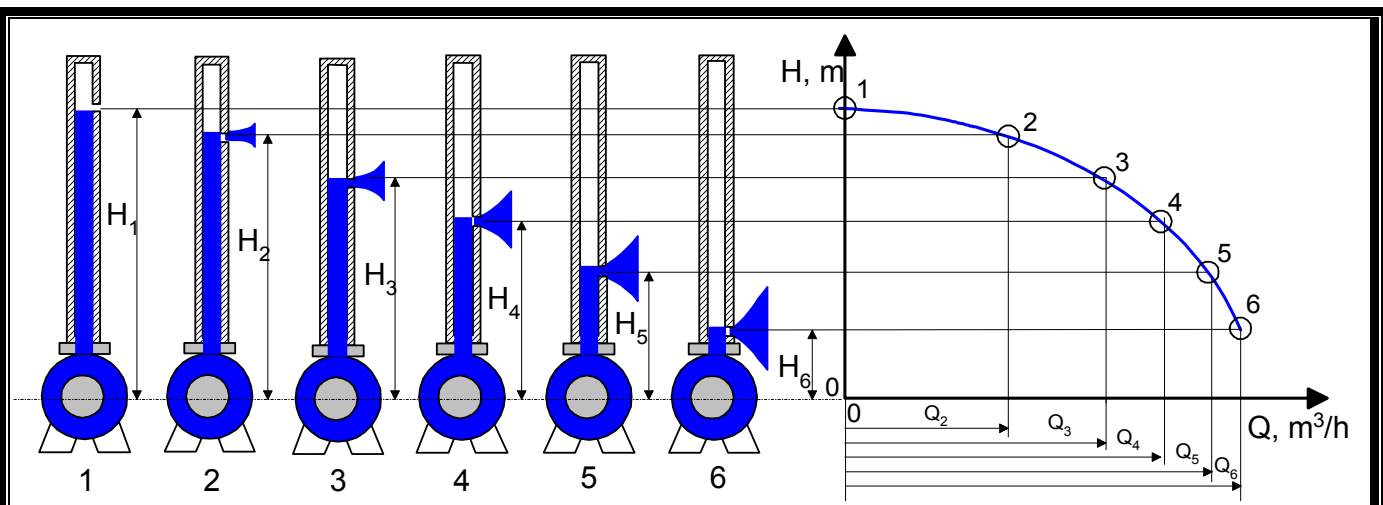
لكل مضخة مجموعة من العلاقات التي توضح خصائصها وتربط بين متغيرات تشغيلها. وأهم هذه المتغيرات هي تصرف المضخة وسمتها والقدرة اللازمة لإدارتها. وكذلك كفاءة تشغيلها. وغالباً ما تمثل هذه العلاقات بيانياً في ما يسمى بمنحنيات أداء أو خصائص المضخة. وفيما يلي عرض لأهم هذه المنحنيات.

#### ١-٣-٣ منحنى التصرف-السمت للمضخة: Q-H curve

أحد أهم خصائص مضخات الطرد المركزي هي علاقة تصرف الماء الخارج من المضخة بضغطه أو سمتها الذي يعبر عن الارتفاع الرأسي للماء من نقطة السحب إلى نقطة الطرد.

دعنا نتصور مضخة ما تسحب الماء من مستوى يوازي مركزها وتطرده في ماسورة رأسية عالية كما هو مبين بشكل (١٠-٣).

عندما تدور المضخة يرتفع السائل تدريجياً في الماسورة إلى أن يصل إلى الحد الذي لا يستطيع أن يتجاوزه فيكون ذلك بمثابة أقصى سمت تتحمله المضخة. وبالرغم من أن المضخة سوف تستمر في عملها إلا أنها لا تكون قادرة على دفع عمود الماء أعلى من مستواه، لذا يدور الماء فقط حول العضو الدوار بحيث تتساوى طاقة الحركة التي يعطيها للماء مع طاقة وضعه، وبالتالي لا يدخل ماء جديد خلال المضخة. ويكون تصرف المضخة عند أقصى سمت لها مساوياً للصفر.



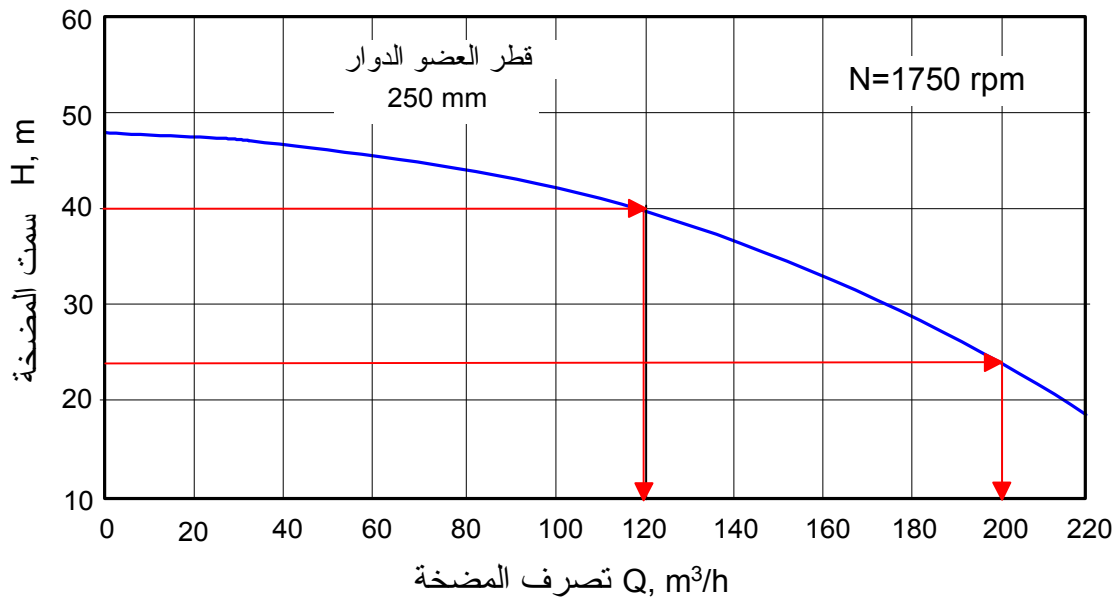
شكل (١٠-٣) علاقة تصرف المضخة الطاردة المركزية بارتفاع الماء الخارج منها



الخطوة التالية أن نفتح ثقباً في ماسورة الطرد عند مستوى أدنى من الوضع السابق ليتدفق منه الماء إلا أن سمت المضخة يكون قد قل عما كان عليه في الحالة الأولى، كما يتضح من الوضع (2). وكلما جعلنا الثقب أكثر انخفاضاً كلما زاد تدفق الماء كما يتضح من الأوضاع (3، 4، 5، 6). يمكن تمثيل ذلك بيانياً بتوقيع قيم هذه الحالات على منحنى يمثل العلاقة بين سمت المضخة وتصرفها. والذي يتضح منه أن سمت المضخة يقل كلما زاد تصرفها.

ويمكن القول أن منحنى تصرف-سمت المضخة يحدد سعة المضخة مقابل سمت الماء الذي يمكن أن ترفعه عندما تدور بسرعة معينة، ويختلف ذلك باختلاف قطر العضو الدوار كما يتضح من شكل (٣-١١).

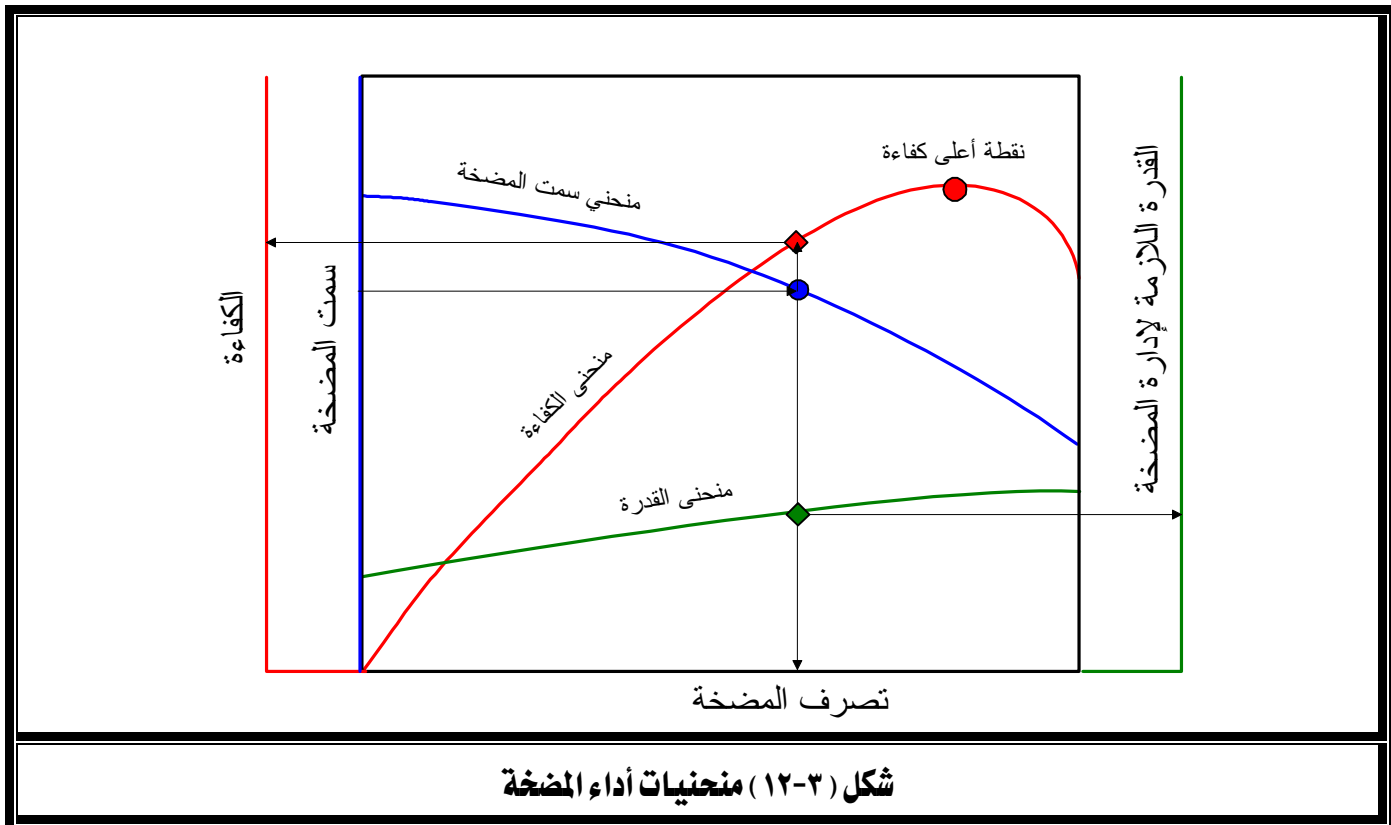
فمثلاً يمكن للمضخة ذات الخصائص الموضحة بالشكل (٣-١١) أن تعطي تصرفاً قدره 120  $m^3/hr$  مقابل سمت قدره 40 m أو تعطي تصرفاً آخر قدره 200  $m^3/hr$  عند سمت قدره 24 m وذلك عند سرعة 1750 rpm وبعضو دوار قطره 250 mm.



شكل (٣-١١) منحنى تصرف-سمت المضخة الطاردة المركزية

### ٢-٣-٣ منحنيات أداء المضخة الطاردة المركزية: Performance curves of centrifugal pump

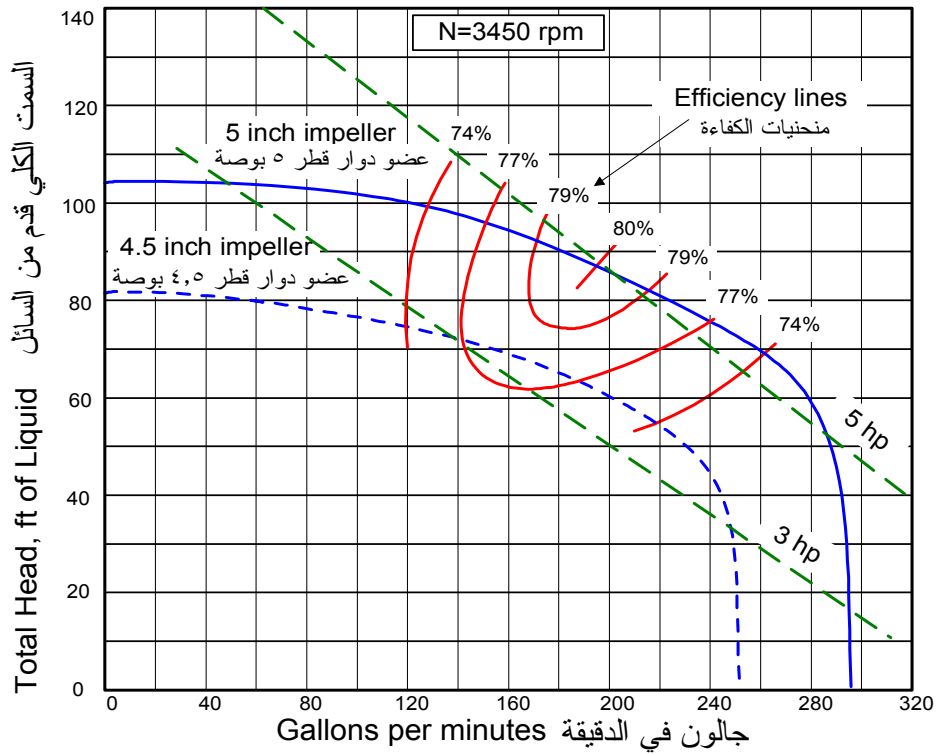
بالإضافة إلى منحنى سمت المضخة هناك منحنيات تحدد قدرة المضخة وكفاءتها كما يتضح من شكل (١٢-٣). فعند نقطة تشغيل معينة تُحدَّد بسمت وتصرف المضخة يمكن معرفة القدرة اللازمة لتشغيل هذه المضخة وكفاءتها كما يتضح من الأسهم الموجودة بالشكل. ومن الجدير بالذكر أنه عند اختيار مضخة لعمل معين يجب أن تقع نقطة تشغيلها حول نقطة الكفاءة القصوى للمضخة وذلك لضمان تشغيلها بطريقة اقتصادية.



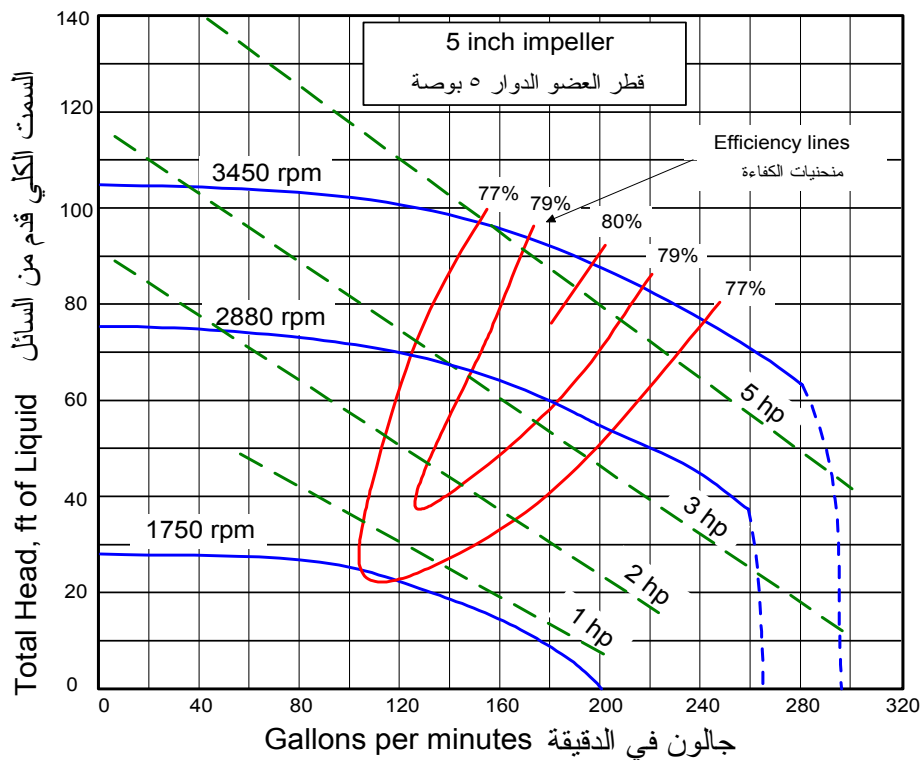
وعند اختيار مضخة لعمل معين فإن الصانع يزود المستهلك بكتالوج يحتوي على كافة منحنيات الأداء لمجموعة من المضخات عند سرعات وأقطار مختلفة للعضو الدوار، ومنها يمكن اختيار المضخة المناسبة، أشكال (١٣-٣ ، ١٤-٣). (استخدم الجدول التالي لعمل التحويلات اللازمة).

من	إلى	اضرب في
ft	m	0.305
inch	m	0.0254

من	إلى	اضرب في
Gpm	m <sup>3</sup> /h	0.2271
Hp	kW	0.746



شكل (١٣-٢) منحنيات أداء مضخة طاردة مركزية عند سرعة ثابتة

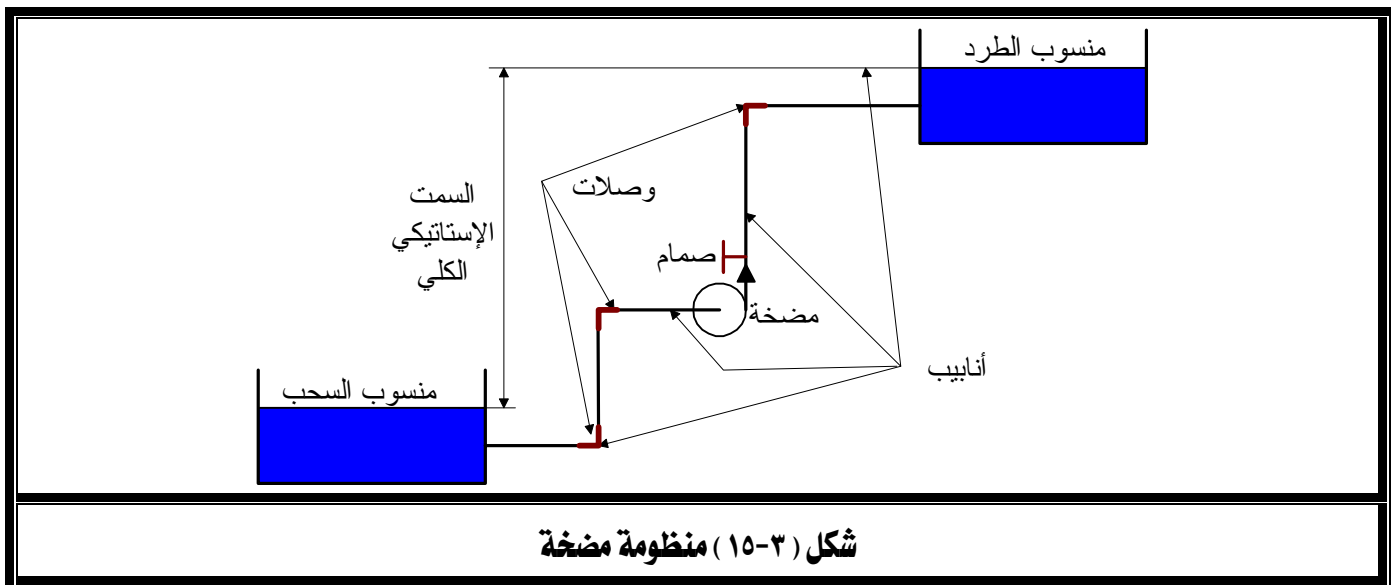


شكل (١٤-٣) منحنيات أداء مضخة طاردة مركزية عند سرعات مختلفة

### ٣-٣-٣ نقطة تشغيل المضخة: Pump operating point

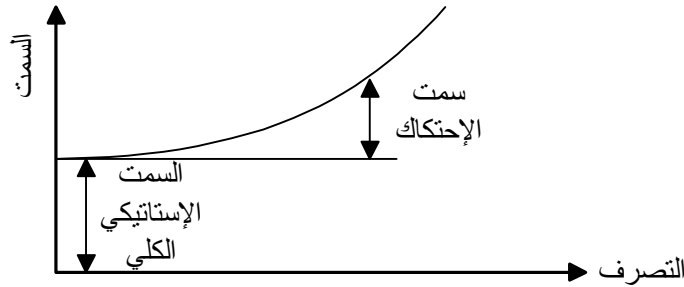
عند تركيب مضخة في منظومة تشمل خزانين للسحب والطرء ومجموعة من المواسير والوصلات، كما في شكل (٣-١٥)، فإن تشغيل المضخة يتطلب منها الآتي:

- ١- رفع الماء من منسوب السحب إلى منسوب الطرد.
- ٢- التغلب على مقاومة الاحتكاك نتيجة لسريان الماء في الأنابيب والصمامات وكافة الوصلات.



وحيث أن منسوب الماء لا يعتمد على تصرف المضخة بينما تتوقف مقاومة الاحتكاك للسريان على تصرف المضخة لذا يمكن تمثيل محصلة البند الأول والثاني (السمت الإستاتيكي الكلي + سمت الاحتكاك) على خريطة السمت-التصرف بمنحنى منظومة المضخة كما يتضح من شكل (٣-١٦).

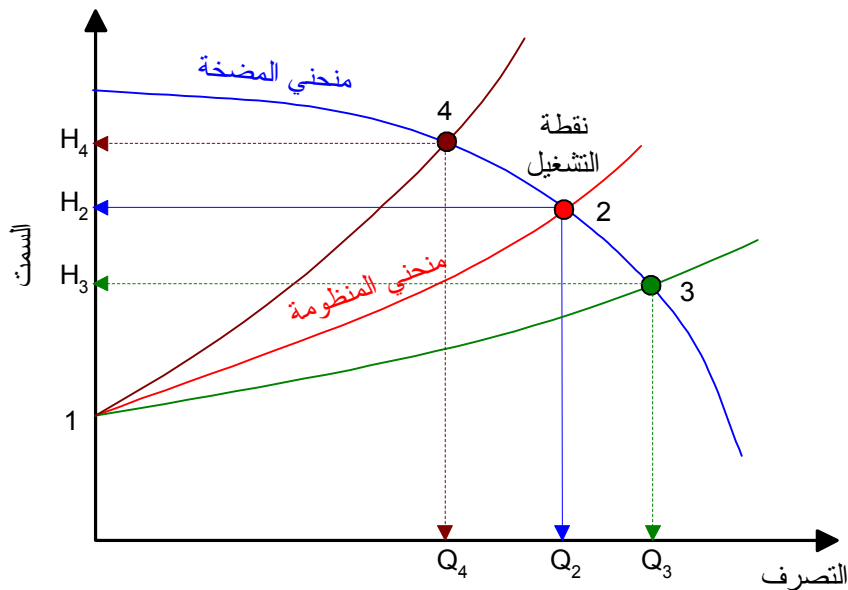
وعندما يتم اختيار المضخة بطريقة صحيحة يحدث توافق بين إمكانات المضخة ومتطلباتها فيستقر تشغيل المضخة عند نقطة تشغيل معينة تنتج من تقاطع منحنى المضخة ومنحنى المنظومة كما يتضح من شكل (٣-١٧) فتنتج المضخة تصرفاً معيناً ( $Q_2$ ) عند السمت المطلوب ( $H_2$ ).



شكل (١٦-٣) منحنى منظومة المضخة

ولزيادة تصرف المضخة يجب تقليل فاقد الاحتكاك والذي يتأتى بفتح صمام التحكم في التصرف ، شكل (١٧-٣) ، فتنتقل نقطة التشغيل إلى اليمين كما يتضح من المنحني 1-3. ولخفض تصرف المضخة يغلق صمام التحكم جزئياً فيزيد فاقد الضغط وتنتقل نقطة التشغيل إلى اليسار كما يعبر عنه بالمنحني 1-4.

وبهذا نرى أن التحكم في تصرف المضخة يتطلب تغيير سمت الاحتكاك بينما يبقى السمت الإستانبكي الكلي للمضخة ثابتاً لا يتغير كما يتضح من حالات التشغيل السابقة.



شكل (١٧-٣) نقطة تشغيل المضخة

## تمارين

- ١- أكمل:
  - للعضو الدوار بالمضخة الطاردة المركزية ثلاثة أنواع منها العضو المفتوح والعضو ..... والعضو.....
  - هناك ثلاثة أشكال لأرياش العضو الدوار منها الريشة الأمامية والريشة ..... والريشة .....
- ٢- اذكر أجزاء المضخة الطاردة المركزية.
- ٣- اشرح وظيفة الغلاف في المضخة الطاردة المركزية وبين نوعيه المستخدمين.
- ٤- ارسم رسماً مبسطاً يوضح طريقة الحبك في المضخات باستخدام صندوق الحشو.
- ٥- اذكر وظيفة حلقات الحبك الميكانيكية.
- ٦- ارسم شكل منحني السميت . التصرف لمضخة طاردة مركزية.
- ٧- مضخة طاردة مركزية ذات خواص موضحة بالشكل (٢-١٤) ، قطر عضوها الدوار 5'' (٥ بوصة) ويدور بسرعة 3450 rpm . وقع على الشكل حالة تشغيل معينة يكون عندها تصرف المضخة 160 Gpm (جالون/دقيقة) ، ثم استنتج الآتي:
  - سميت المضخة .
  - قدرة المضخة .
  - كفاءة تشغيل المضخة .

**الفصل الثاني**

: المضخات التوربينية والفاطسة.

**الجدارة**

: المشاركة في تركيب وتشغيل المضخات التوربينية والفاطسة.

**الأهداف**

: عندما تكتمل هذه الوحدة يكون المتدرب قادراً على:

- ١- التفريق بين المضخة التوربينية والفاطسة.
- ٢- وصف أجزاء المضخة التوربينية والفاطسة.
- ٣- المشاركة في تركيب المضخات التوربينية والفاطسة.
- ٤- شرح عمل المضخة التوربينية والفاطسة.

**مستوى الأداء المطلوب**

- ١- أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ٩٠٪.
- ٢- أن يصل المتدرب إلى إتقان ٩٠٪ من محتوى الوحدة.

**الوقت المتوقع للتدريب** : ٤ ساعات دراسية .**الوسائل المساعدة**

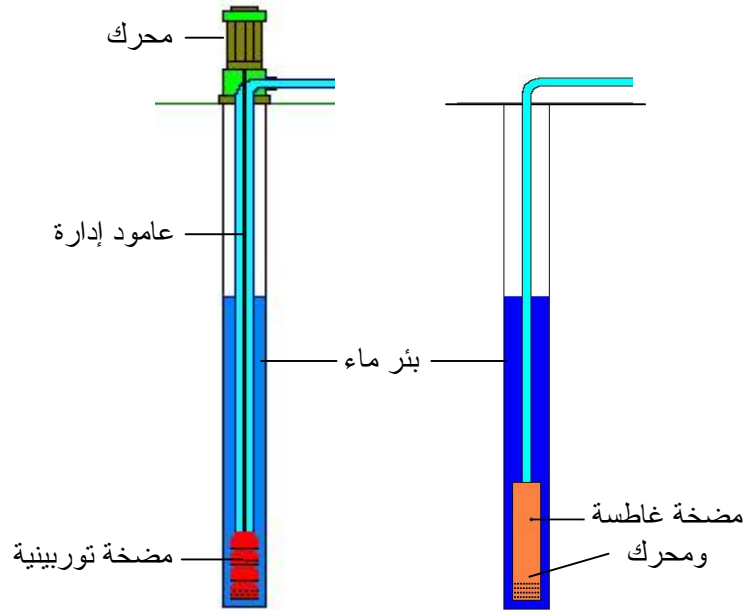
- ١- الاطلاع على المراجع المذكورة في نهاية الكتاب.
- ٢- فحص نماذج بعض المضخات.
- ٣- مراجعة كتالوجات الشركات المصنعة للمضخات.
- ٤- ممارسة الجزء العملي المتعلق بهذا الفصل.

## الفصل الثاني : المضخات التوربينية والغاطسة

### Turbine and submersible Pumps

#### ١-٤ تمهيد :

تستخدم المضخات التوربينية والغاطسة في مجال الري لضخ الماء من الآبار العميقة حيث تفشل المضخات التقليدية. ويتكون كلا النوعين أساساً من مضخة طاردة مركزية رأسية ذات مرحلة واحدة أو متعددة المراحل بها عضو دوار غالباً ما يكون من النوع مختلط السريان. تجهز المضخة بمجموعة نواشر عند مخارج العضو الدوار لخفض سرعة الماء ورفع ضغطه ولضمان انسيابية سريان الماء بين مراحل المضخة. تجمع مراحل المضخة جميعها على عمود إدارة واحد مثبت بين مجموعة من المحامل موضوعة جميعها داخل أنبوب رأسي يستقر بداخل بئر الماء. وتعمل المضخة وهي مغمورة جزئياً أو كلياً في ماء البئر.



شكل (١-٤) المضخة التوربينية والغاطسة



## ٢-٤ أنواع مضخات الآبار المستخدمة في الري:

هناك نوعان شهيران من مضخات الآبار هما المضخة التوربينية ذات العمود الطويل Lineshaft turbine pump والمضخة الغاطسة Submersible pump ، ويكمن الفرق بينهما في موضع محرك إدارة لأي منها ، شكل (٤-١). فالمضخة التوربينية التي قد تكون على بعد مئات الأمتار تحت سطح الأرض في قاع البئر تدار بمحرك كهربى أو ديزل موضوع أعلى وخارج البئر، متصل مباشرة أو عن طريق سيور أو مجموعة تروس بعمود المضخة. أما محرك المضخة الغاطسة فهو كهربى طويل ونحيف يركب أسفل المضخة الموجودة في قاع البئر ويقوم بإدارتها عبر عمود قصير نسبياً مزود بنظام حبك خاص لحماية المحرك من الماء. وقبل أن نشرح كلا النوعين نورد مقارنة تلقي الضوء على أهم الاختلافات بينهما.

م	المضخة التوربينية ذات العمود الطويل	المضخة الغاطسة
١	ارتفاع كفاءة المحرك - انخفاض الفاقد في كابل الكهرباء - زيادة فاقد الاحتكاك في محامل عمود الإدارة نظراً لطوله	ارتفاع كفاءة المحرك منخفضة نسبياً - ارتفاع الفاقد في كابل الكهرباء نظراً لطوله - انخفاض فاقد الاحتكاك في المحامل
٢	سهولة الوصول إلى المحرك ومحامل الدفع ومجموعة الحبك	صعوبة الوصول إلى المحرك ومحامل الدفع ومجموعة الحبك وكابل الكهرباء
٣	سرعة المحرك بطيئة نسبياً (1500 rpm أو أقل) لذا فمعدل البري والتآكل منخفض	سرعة المحرك سريعة نسبياً (3000 rpm) لذا فمعدل البري والتآكل عالي
٤	عمق أقل نسبياً (٢٠٠٠ قدم كحد أقصى)	عمق أكبر نسبياً (حتى ١٢٠٠٠ قدم)
٥	تحتاج لاستقامة البئر نظراً لاستقامة المضخة	تتماشى مع بعض الانحناءات على طول البئر
٦	تحتاج وقت طويل لتثبيتها في البئر	تحتاج لوقت قصير لتثبيتها
٧	تحتاج لضبط وضع العضو الدوار قبل بدأ التشغيل	لا تحتاج لعملية الضبط
٨	تكلفتها قليلة نسبياً	تكلفتها عالية نسبياً

## ١-٢-٤ المضخة التوربينية ذات العمود الطويل: Lineshaft turbine pump

تبدأ سعة هذه المضخات من حوالي  $2 \text{ m}^3/\text{h}$  وتزداد لتصل إلى حوالي  $6000 \text{ m}^3/\text{h}$  ويمكن لها أن ترفع الماء من مستويات قد تصل إلى حوالي 600 m تحت سطح الأرض ولكن يفضل ألا تزيد عن 200 m حتى لا تتدهور كفاءتها بسبب زيادة الاحتكاك في المحامل. ويبين جدول (٤-١) بعض مواصفات المضخات لأحد الشركات المصنعة.

جدول (٤-١) بعض مواصفات المضخات التوربينية

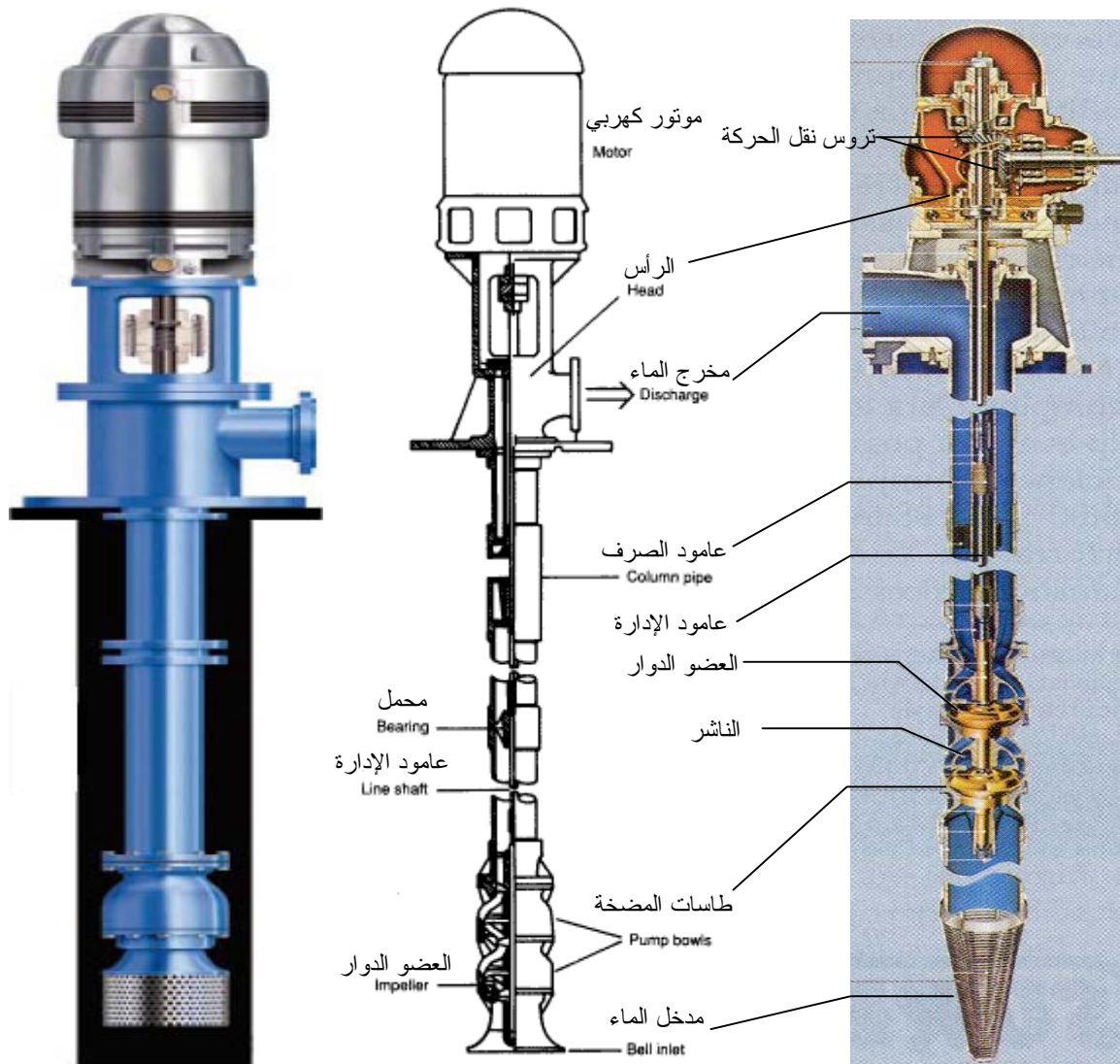
السرعة rpm	السمت لكل مرحلة (m)		السعة m <sup>3</sup> /h		قطر أنبوب البئر (mm)	الموديل
	إلى	من	إلى	من		
2880	4.6	2.44	18	4.5	100	4S
1440	3.05	1.52	39	18	150	6S
2880	10.7	6.1	78	45	150	6S
1440	4.57	2.44	59	27	200	7S
2880	15.25	8.8	118	64	200	7S
1440	5.2	3.35	91	45	200	8S
1440	7.0	3.05	173	73	250	9S
1440	7.6	2.05	249	114	250	10S
1440	11.6	6.1	363	182	300	12S
1440	14.65	9.75	546	363	350	14S
1440	19.85	7.64	756	450	400	16S
1440	27.4	14.65	1452	907	500	20S
1440	37.8	24.4	2160	1365	600	24S

وللمضخة التوربينية نوعان رئيسيان، يتم في الأول منهما تزليق عمود الإدارة ومحامله بالزيت ويسمى العمود المغلف enclosed line shafting أما الثاني فتتم فيه عملية التزليق بالماء ويسمى العمود المفتوح open line shafting.

يستخدم النوع الثاني في الحالات التي تتطلب أن يكون الماء خالي تماماً من جزيئات الزيت كما هو الحال في ماء الشرب، أما النوع الأول فيستخدم في مجالات الري المعتادة نظراً لنعومة تشغيله وقلة تآكل المحامل فيه وبالتالي طول عمره الافتراضي.

تتكون المضخة التوربينية بشكل عام، كما يتضح شكل (٤-٢)، من ثلاثة أجزاء أو مجموعات رئيسية هي:

- ١- مجموعة الرأس Head assembly .
- ٢- مجموعة عمود الصرف Column pipe assembly .
- ٣- مجموعة الطاسة Bowl Assembly .

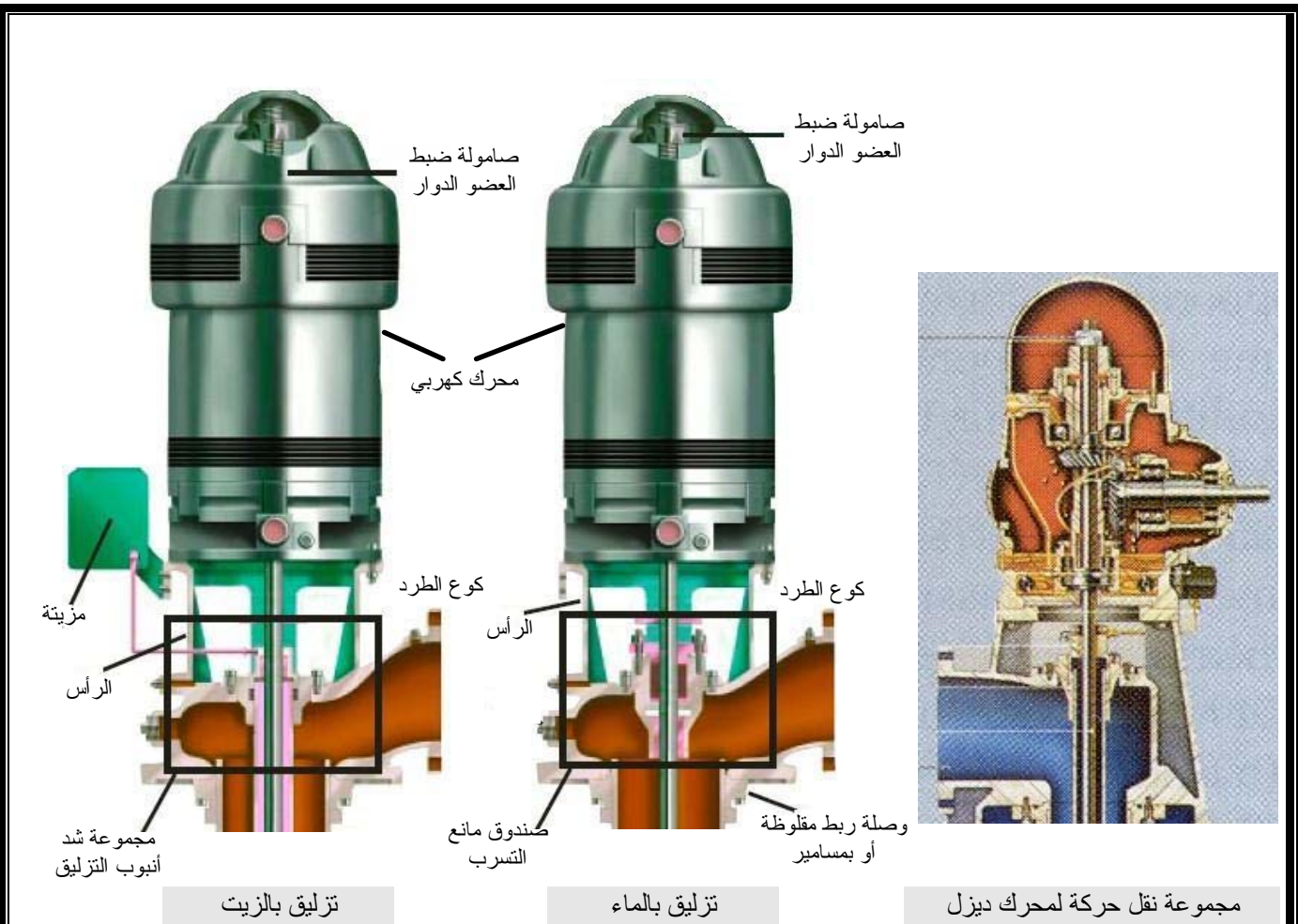


شكل (٤-٢) المضخة التوربينية ذات العمود الطويل

## ٤-٢-١-١ مجموعة الرأس:

تتكون مجموعة الرأس، كما يتضح من شكل (٤-٣)، من: - كوع الطرد - محرك الإدارة الكهربائي أو مجموعة تروس نقل الحركة في حالة محرك الديزل - دعامة تثبيت - صندوق مانع التسرب - مجموعة التزليق في حالة العمود المزلق بالزيت.

تصنع الرأس غالباً من الحديد الزهر وتستخدم لتثبيت محرك الإدارة الذي يزود غالباً بمحمل دفع لحمل مجموعة العمود والأجزاء الدوارة. كما تزود الرأس بصامولة لضبط الخلوص بين الأعضاء الدوارة وغلاف الطاسة عن طريق رفعه أو خفضه. كما تزود الرأس في حالة التزليق بالزيت بمزيتة وآلية لشد أنبوب التغليف بعد التركيب لضمان استقامة المحامل، أما في حالة التزليق بالماء فتزود بصندوق مانع لتسرب الماء.



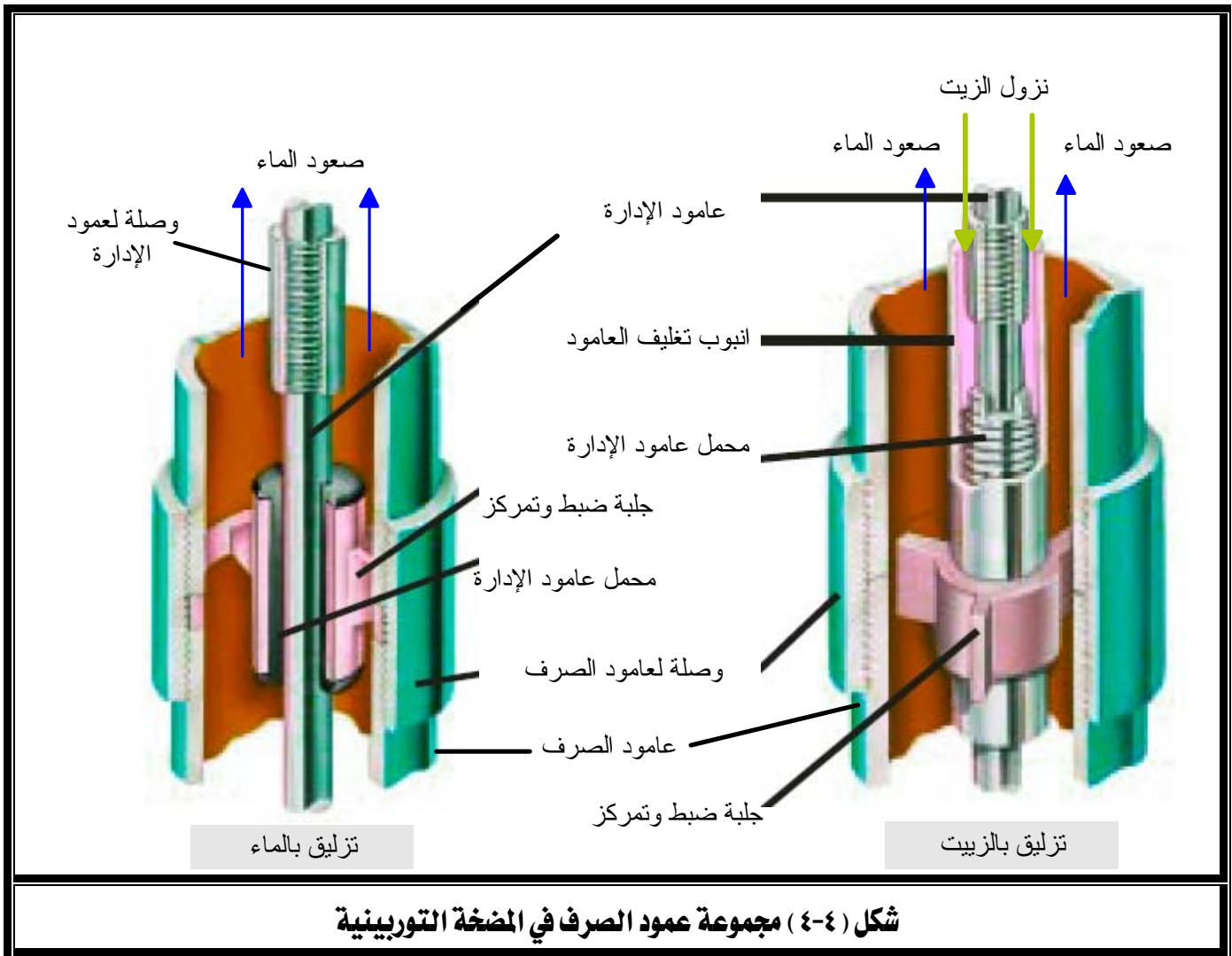
شكل (٤-٣) مجموعة الرأس في المضخة التوربينية

## ٢-١-٢-٤ مجموعة عمود الصرف:

تتكون المجموعة من عمود الصرف وعمود الإدارة والمحامل بالإضافة إلى أنبوب التغليف في حالة التزليق بالزيت لكي يحمل الزيت إلى كافة المحامل بفعل الجاذبية، انظر شكل (٤-٤).

يُصنع عمود الإدارة من الصلب عالي الإجهاد (مجلخ ومصقول لتقليل الاحتكاك في المحامل) بأطوال ثلاثة أمتار (وهي نفس طول عمود الصرف) وتتصل فيما بينها بوصلات مقلوطة. أما أنابيب التغليف في حالة التزليق بالزيت فتكون بأطوال متر ونصف تثبت بطرفيها محامل عمود الإدارة.

تُصنع محامل عمود الإدارة من سبيكة البرونز وتزود بمجاري حلزونية للزيت في حالة التزليق بالزيت، أما في حالة التزليق بالماء فتزود عند نهايتها بمادة مطاطية مسامية لحجز الرمل والحصى.



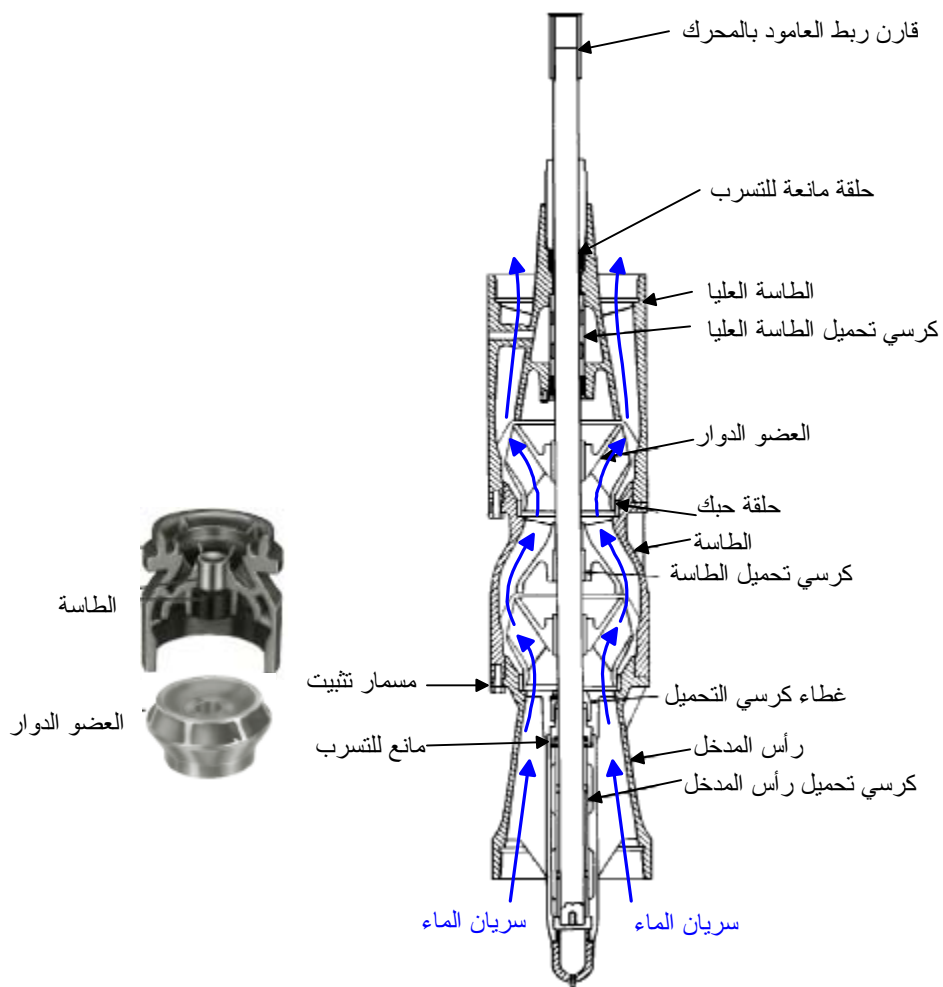
شكل (٤-٤) مجموعة عمود الصرف في المضخة التوربينية

## ٤-٢-١-٣ مجموعة الطاسة:

تتكون مجموعة الطاسة، كما يتضح من شكل (٤-٥)، من عضو دوار ذو سريان مختلط يدور داخل غلاف يسمى بالطاسة (Bowl). وللمضخة طاسة واحدة أو مجموعة طاسات بعدد مراحل المضخة، تسمى بالطاسات البينية (Intermediate bowls) حيث تتصل برأس انسيابي عند مدخل المضخة وتنتهي بالطاسة العليا عند مخرج المضخة.

تعمل الطاسة بمثابة موجه لسريان الماء الخارج من العضو الدوار لإحدى مراحل المضخة ليكون في اتجاه محور العضو الدوار للمرحلة التالية (تذكر أن الماء يخرج من العضو الدوار في اتجاه يصنع بينه وبين محور المضخة زاوية معينة).

تشمل مجموعة الطاسة أيضاً كراسي المحمل وعمود إدارتها وحلقات الحبك بين العضو الدوار والطاسة.



شكل (٤-٥) مجموعة الطاسة في المضخة التوربينية

### ٢-٢-٤ المضخة الغاطسة Submersible Pump

عندما يزداد عمق البئر عن 200 m تظهر مشاكل في المضخات التوربينية نتيجة لطول عمود الإدارة وما يتبع ذلك من زيادة كبيرة في الاحتكاك داخل المحامل مما ينعكس أثره على زيادة كبيرة في قدرة تشغيل المضخة، ويصبح استخدام هذه المضخات غير اقتصادي.

لذا فمن المفضل استخدام المضخات الغاطسة لمثل هذه الظروف حيث إنها تستخدم محرك كهربائي مركب أسفل المضخة كما يتضح من شكل (٦-٤)، وتعمل جميعها وهي غاطسة تماماً في قاع البئر حيث تسحب منه الماء وتدفعه إلى أعلاه عن طريق أنبوب طويل يسمى أنبوب الطرد.

والمضخة الغاطسة شبيهة تماماً بالمضخة التوربينية من حيث التركيب وطريقة العمل (راجع شكل (٦-٤) إلا أن محركها مركب أسفل منها.

ولمحرك المضخة الغاطسة تصميم خاص يتناسب مع وجوده في الماء لذا فهو ذو عزل جيد وطويل ونحيف حتى يناسب الآبار الضيقة.

تحتوي محركات المضخات الغاطسة ذات السعات الصغيرة على كرسي تحميل دفعي (Thrust bearing) عند نهاية المحرك السفلية ليتحمل دفع المضخة السفلي وكرسي تحميل دفعي صغير أعلى المحرك ليتحمل الدفع العلوي اللحظي أثناء بدأ تشغيل المضخة.

أما بعض المحركات الكبيرة المستخدمة في الآبار العميقة فيها غرفة حيك منفصلة موجودة بين المحرك والمضخة وتحتوي على كرسي أو كراسي تحميل دفعية رئيسية.

تمتاز المضخات الغاطسة بهدوء التشغيل لذا فهي تتركب في الحدائق والمناطق الأهلة بالسكان كما أنها تستطيع جلب الماء من أعماق بعيدة قد تصل إلى آلاف الأمتار.



Discharge pipe	أنبوب الطرد	1
Discharge bowl	طاسة الطرد	2
Discharge bearing	محمل الطرد	3
Intermediate bowl	طاسة وسيطة	4
Impeller	العضو الدوار	5
Up thrust collar	طوق الدفع	6
Intermediate bowl bearing	محامل الطاسة الوسيطة	7
Lock collets	طوق تثبيت	8
Pump shaft	عمود المضخة	9
Suction inlet	مدخل السحب	10
Suction adaptor	وصلة السحب	11
Pump/motor coupling	قارن ربط عمود المضخة بعمود الموتور	12
Electric motor	موتور كهربى	13

شكل (٤ - ٦) المضخة التوربينية الغاطسة



## تمارين

١- ما الحاجة لاستخدام المضخات التوربينية أو الغاطسة؟ وما هي أهم الفروق بينهما من حيث مدى التشغيل.

٢- أكمل:

- تتكون المضخة التوربينية من مضخة طاردة مركزية ذات عضو دوار من النوع .....  
- تجهز أحد مراحل المضخة التوربينية أو الغاطسة بمجموعة ..... عند مخارج العضو الدوار لضمان .....  
سريان الماء إلى المرحلة التالية.

٣- اختر الإجابة الصحيحة:

- يثبت محرك إدارة المضخة التوربينية - أعلى البئر - داخل البئر - أدنى البئر
- يثبت محرك المضخة الغاطسة - أعلى البئر - داخل البئر - أدنى البئر
- العضو الدوار في المضخة التوربينية - مغمور في ماء البئر - خارج ماء البئر
- نوع محرك المضخة الغاطسة - احتراق داخلي - كهربائي

٤- اذكر الثلاث مجموعات الرئيسة التي تتكون منها المضخة التوربينية أو الغاطسة.

٥- اذكر مكونات مجموعة الرأس في المضخة التوربينية.

٦- اذكر مكونات مجموعة عمود الصرف في المضخة التوربينية أو الغاطسة.

٧- اذكر مكونات مجموعة الطاسة في المضخة التوربينية أو الغاطسة

**الفصل الثالث**

: أنواع المضخات الأخرى.

**الجدارة**

: معرفة أنواع المضخات الأخرى.

**الأهداف**

: عندما تكتمل هذه الوحدة يكون المتدرب قادراً على:

- ١- التعرف على أنواع المضخات الأخرى.
- ٢- معرفة أجزاء المضخات الأخرى.
- ٣- تحديد ظروف استخدام بعض المضخات الأخرى.

**مستوى الأداء المطلوب**

- ١- أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ٩٠٪.
- ٢- أن يصل المتدرب إلى إتقان ٩٠٪ من محتوى الوحدة.

**الوقت المتوقع للتدريب : ٦ ساعات دراسية****الوسائل المساعدة**

- ١- الاطلاع على المراجع المذكورة في نهاية الكتاب.
- ٢- فحص نماذج بعض المضخات.
- ٣- مراجعة كتالوجات الشركات المصنعة للمضخات.
- ٤- ممارسة الجزء العملي الخاص بهذا الفصل.

## الفصل الثالث : أنواع المضخات الأخرى

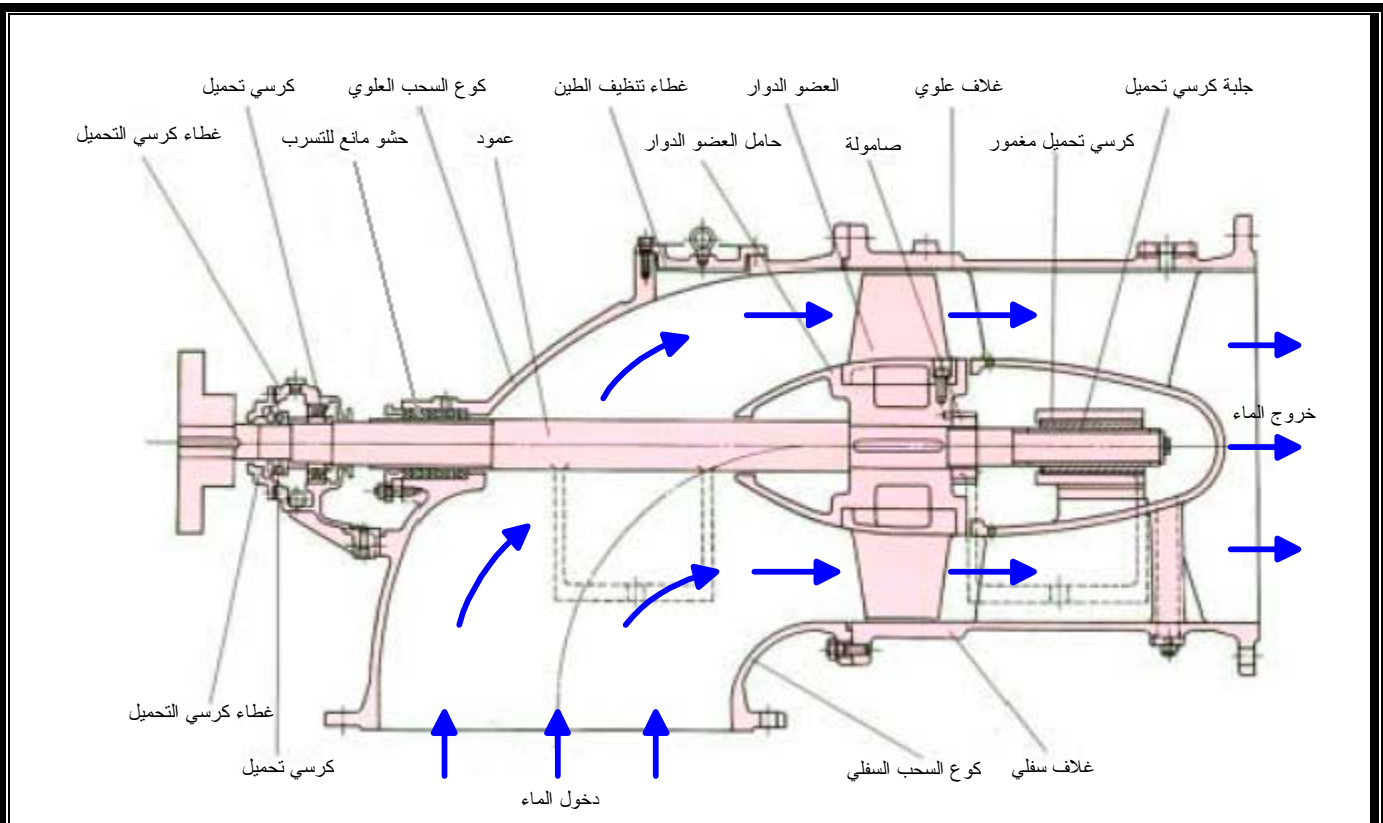
## The other types of pumps

## ١-٥ المضخة محورية السريان : Axial flow pump

تعتبر المضخة المحورية أحد أنواع مضخات الطرد المركزي التي تتميز بارتفاع تصرفها على حساب انخفاض قدرتها على رفع الماء.

يبين شكل (١-٥) أجزاء هذه المضخة ويتضح منه أن الماء يدخل ويخرج في اتجاه محور المضخة. يستخدم هذا النوع من المضخات عند الحاجة إلى معدلات تصرف أكبر من  $450 \text{ m}^3/\text{h}$  مقابل رفع الماء إلى أقل من 15 m (مع تعدد المراحل)، ويمكن استخدام أكثر مرحلة عند الحاجة إلى رفع الماء بين مستويات أكبر من ذلك في حالة المضخات التوربينية المحورية.

يراعى عند اختيار المضخة المحورية لتطبيق ما أن تكون السرعة النوعية أكبر من 7500 (راجع شكل (٦-٢)) وذلك لضمان التشغيل الاقتصادي للمضخة.



شكل (١-٥) مضخة محورية السريان

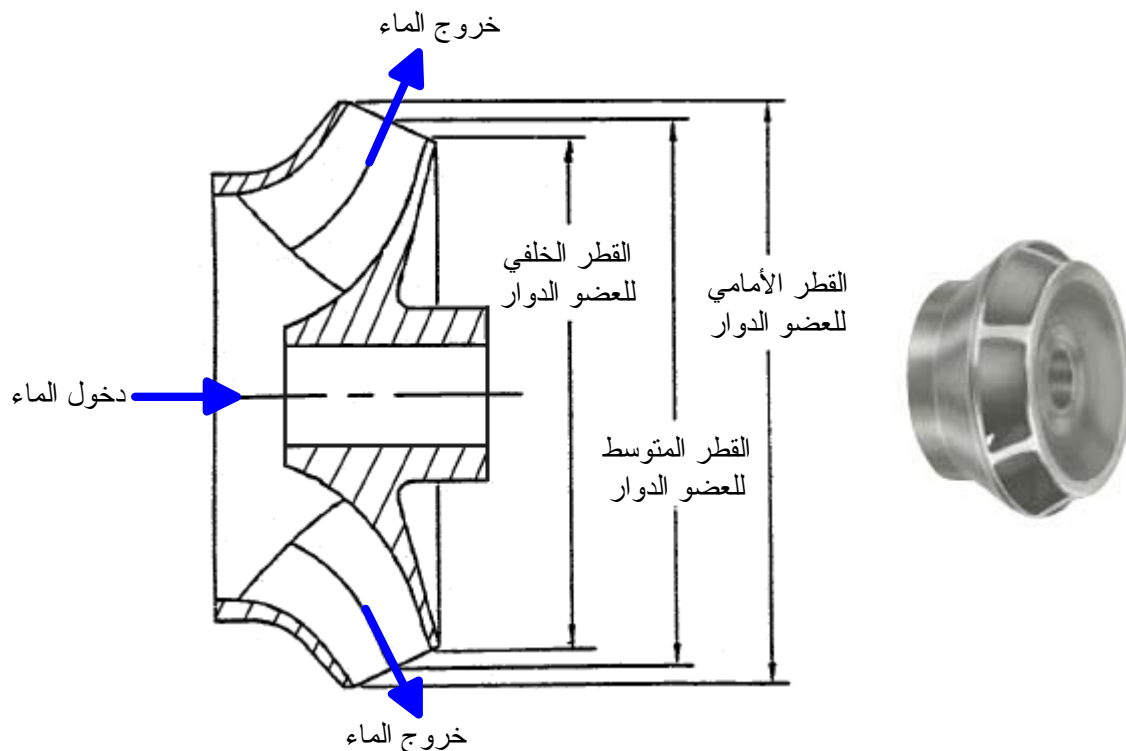
## ٢-٥ المضخة مختلطة السريان : Mixed flow pump

هي أحد أنواع مضخات الطرد المركزي ذات التصريف والرفع المتوسطين.

يلاحظ من الشكل (٢-٥) أن اتجاه دخول الماء في اتجاه محور المضخة بينما يصنع اتجاه خروجه زاوية معينة مع الاتجاه الرأسي للمضخة. ولهذا السبب يكون تصريف وسمت المضخة وسطاً بين مثليه في المضخة النصف قطرية والمضخة المحورية.

تستخدم هذه المضخة غالباً في مضخات الأعماق كما بيئنا سابقاً عند شرحنا للمضخة التوربينية والغاطسة.

يراعى عند اختيار مضخة السريان المختلط لتطبيق ما أن تكون السرعة النوعية بين 3500 و 7500 (راجع شكل (٢-٦)).



شكل (٢-٥) العضو الدوار لمضخة مختلطة السريان

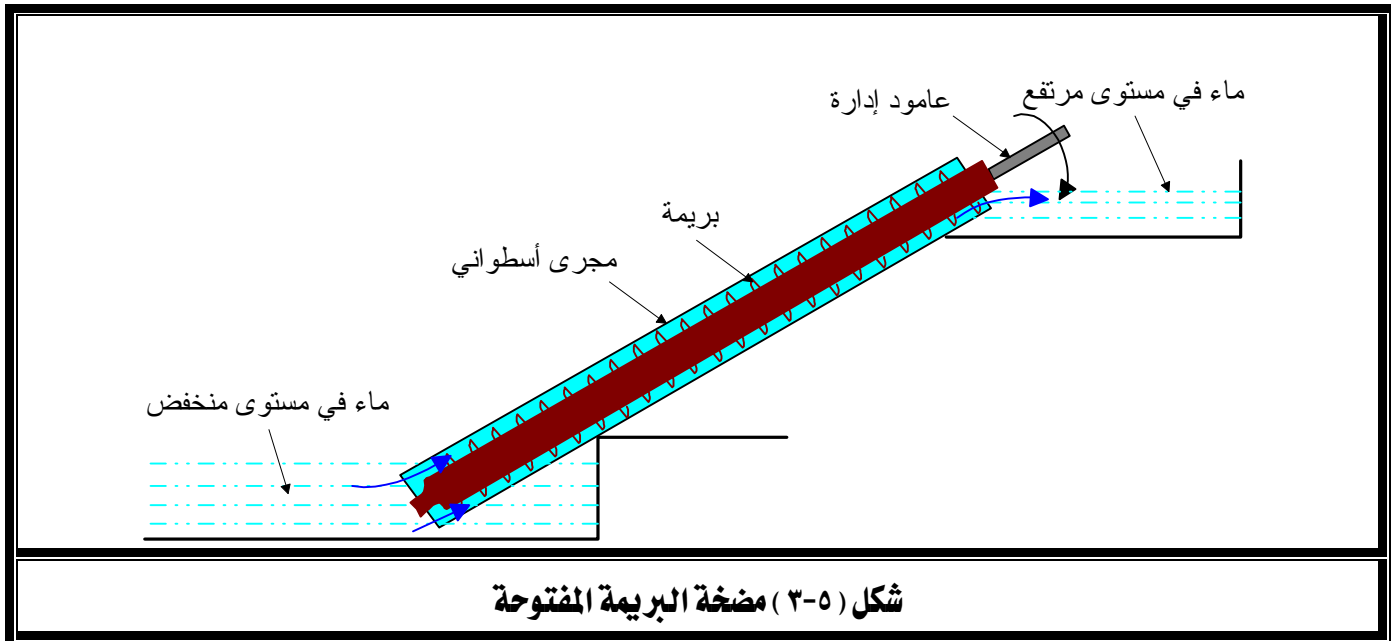
### ٣-٥ مضخة البريمة المفتوحة : Open-screw pump

هي مضخة يدوية أولية تستخدم لجلب الماء من القنوات والترع ذات مستوى الماء القريب والذي لا يتعدى بضعة أمتار.

تتكون هذه المضخة، كما يتضح من شكل (٣-٥)، من قلاووظ خشبي يدور داخل مجرى أسطواني أو على شكل حرف U يفصل بينهما خلوص صغير.

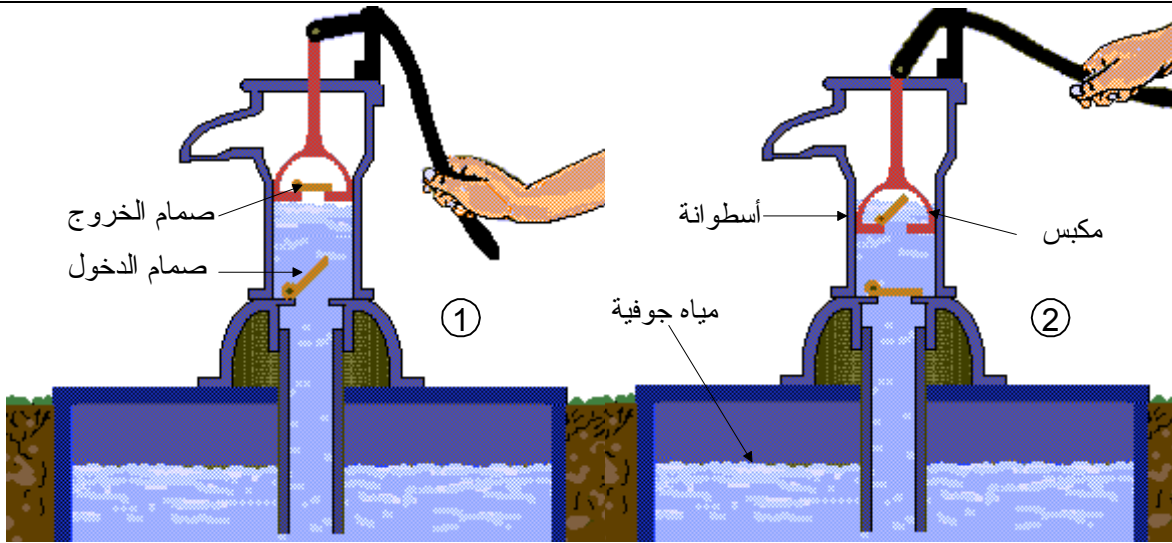
يميل المجرى بزاوية قد تصل إلى ٤٥ درجة ليصل بين مستوى الماء المنخفض والمستوى المراد رفع الماء إليه.

تدار المضخة باليد فتحدث بالماء حركة لولبية نتيجة لدوران القلاووظ مما يسبب دفعه إلى أعلى بتصرف يتحدد تبعاً لسرعة دوران هذا القلاووظ.



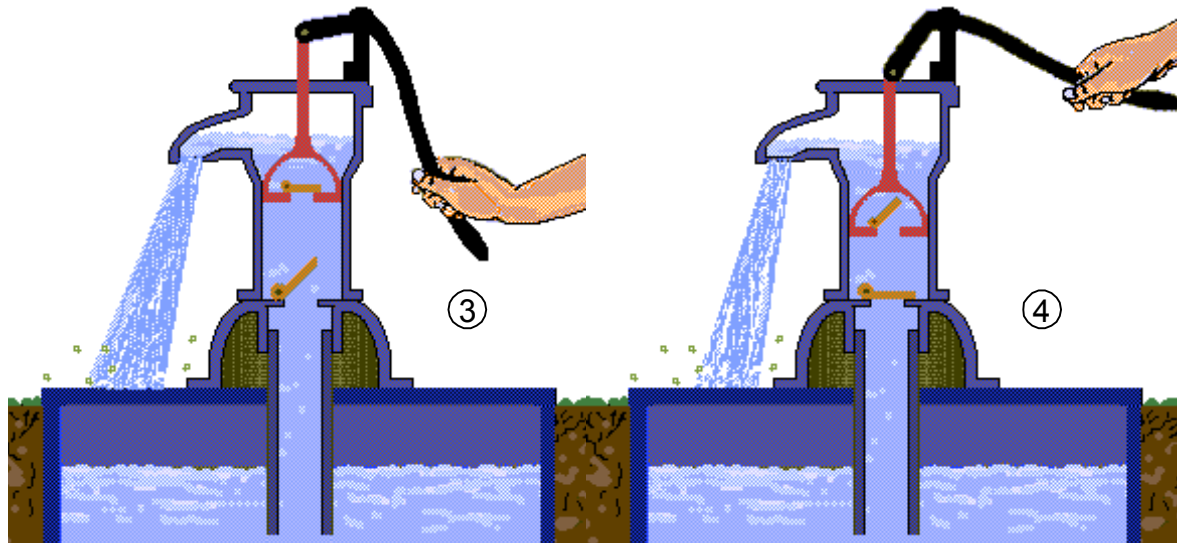
### ٤-٥ المضخة الترددية : Reciprocating pump

تستخدم المضخة الترددية اليدوية Reciprocating pump في استخراج المياه الجوفية بغرض الشرب والري على نطاق ضيق. وتتكون المضخة كما يتضح من شكل (٤-٥) من مكبس يتحرك لأعلى ولأسفل داخل أسطوانة لها صمامان يعملان على تنظيم سريان الماء إلى داخل وخارج الأسطوانة.



عندما نضغط يد المضخة إلى أسفل يرتفع المكبس فيحدث تخلخل في غرفة الأسطوانة فيفتح صمام الدخول ويغلق صمام الخروج فينساب الماء إلى أعلى

عندما نجذب يد المضخة إلى أعلى ينزل المكبس إلى أسفل فيفتح صمام الخروج ويغلق صمام الدخول ويخرج الماء إلى أعلى المكبس



مع تكرار نزول اليد وصعودها يصعد الماء ويستقر أعلى المكبس ويخرج الفائض منه من مخرج المضخة. وفي نفس الوقت يسحب مزيد من الماء عبر صمام الدخول

شكل (٤-٥) أحد أنواع المضخات الترددية وطريقة عملها

### ٥-٥ المضخات الدوارة: Rotary pumps

هي أحد أنواع مضخات الإزاحة الإيجابية التي يأخذ عضوها الدوار أشكالاً متعددة منها شكل الترس أو الفص أو الحلزون أو به أرياش.

يصل معدل تصرف هذه المضخات إلى  $2000 \text{ m}^3/\text{h}$  و  $350 \text{ bar}$  ، ولكن المدى العملي لهذه المضخات يتراوح بين  $2-35 \text{ bar}$ .

يبين الجدول الآتي مقارنة بين المضخات الدوارة والمضخات الطاردة المركزية.

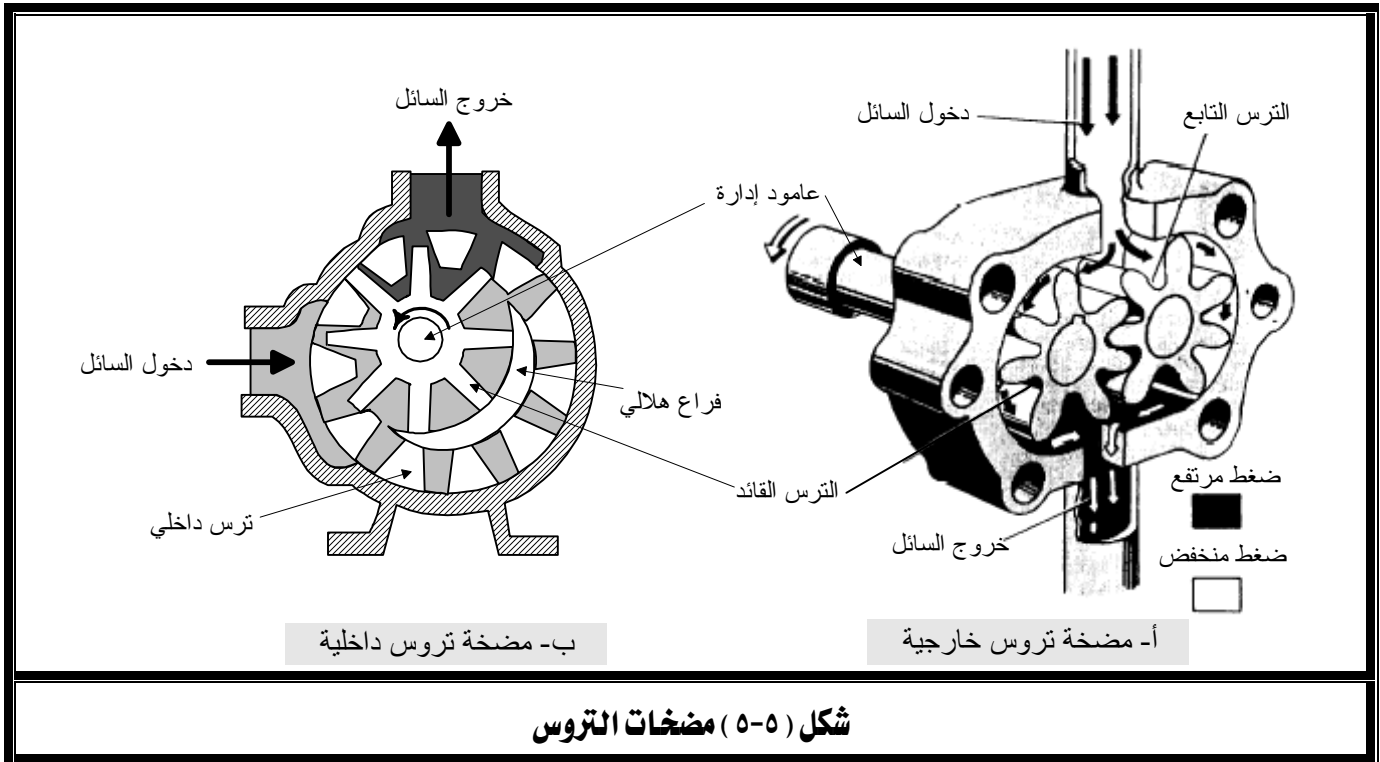
م	المضخات الدوارة	المضخات الطاردة المركزية
١	تصرف المضخة مستقل عن ضغط خروج المائع	تصرف المضخة مرتبط بضغط خروج المائع
٢	يمكن تغيير تصرف المضخة بدون التأثير على كفاءة المضخة	ترتبط كفاءة المضخة بالتصرف
٣	ذاتية التحضير	تحتاج إلى تحضير
٤	تتعامل مع الموائع ذات اللزوجة العالية	تزداد كفاءتها كلما انخفضت لزوجة السائل
٥	يعتمد التصرف على سرعة المضخة أما الضغط فهو مفتوح إلى أن تصل إلى القدرة الكاملة للمضخة	يتغير التصرف بزيادة السرعة ويلزم ذلك تغير في الضغط
٦	تعطي تشغيل خالي من الاهتزازات	قد يشوبها بعض الاهتزازات

وفيما يلي شرح لبعض أنواع المضخات الدوارة.

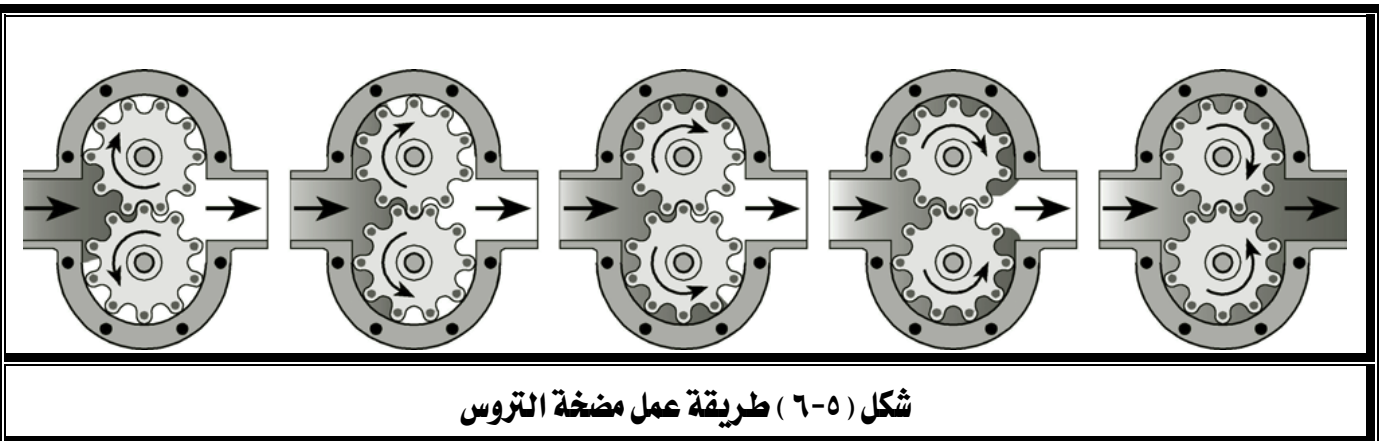
### ١-٥-٥ مضخة التروس: Gear pump

تتكون مضخة التروس من ترسين معشقين يدوران في اتجاهين متعاكسين داخل حيز محكم تماماً كما يتضح من شكل (٥-٥ أ ، ب). يسمى الترس المتصل بمحرك الإدارة بالترس القائد بينما يسمى الآخر بالترس التابع. ولمضخات التروس نوعان هما مضخة التروس الخارجية ومضخة التروس الداخلية.

في مضخة التروس الخارجية تتصل أسنان الترسين عند إطاريهما الخارجيين كما يتضح من شكل (٥-٥ أ)، بينما في مضخة التروس الداخلية يعشق الترسين من إطاريهما الداخليين كما يتضح من شكل (٥-٥ ب).



وتتلخص طريقة عمل المضخة بأنه عندما يدور الترسان يدخل السائل ليملاً الفراغ الموجود بين أسنان الترسين والغلاف حيث يتم إزاحته حتى يصل إلى مخرج المضخة كما يتضح من شكل (٥-٦). والمضخة لا تؤدي بذاتها إلى رفع ضغط السائل ولكنها تضخ السائل في حيز مغلق مما يسبب ارتفاع ضغطه باستمرار، لذا يجب استخدام صمام لتنظيم ارتفاع الضغط. يقع مدى تشغيل هذه المضخة حول ضغط 35 bar ومعدل تصرف  $300 \text{ m}^3/\text{h}$  وتستخدم غالباً لضخ السوائل ذات اللزوجة العالية مثل الزيوت.



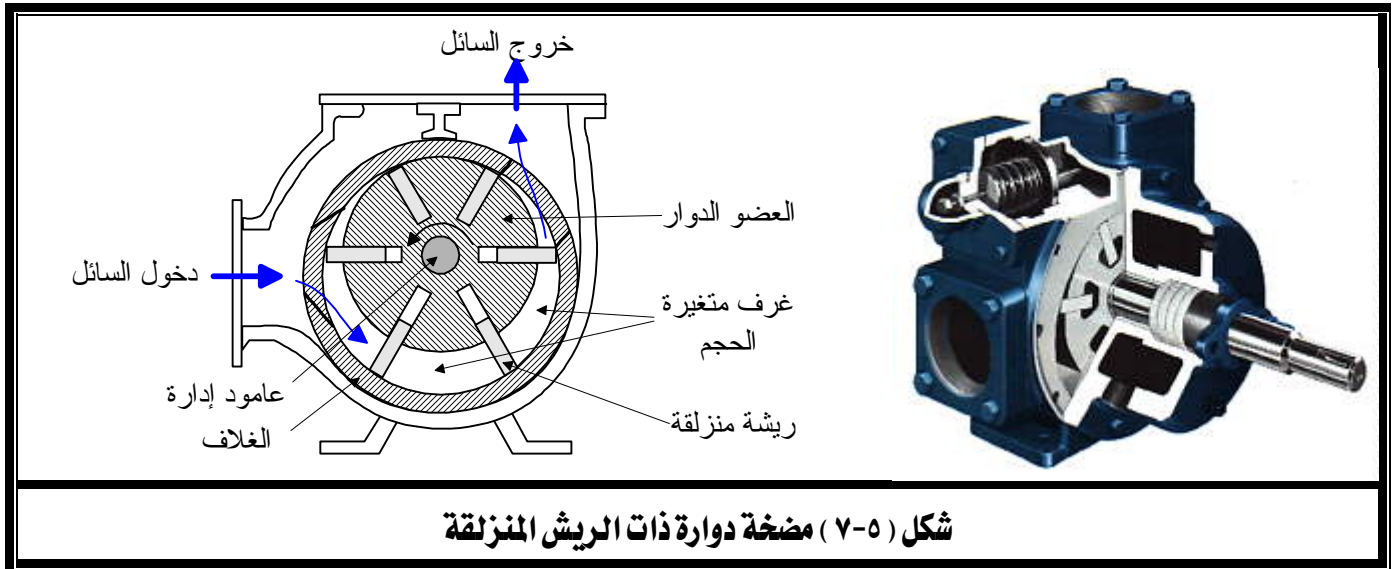


### ٢-٥-٥ المضخة الدوارة ذات الريش المنزلقة: Sliding vane rotary pump

يوضح شكل (٧-٥) مضخة دوارة ذات أرياش منزلقة حرة الحركة داخل مجاري نصف قطرية محفورة بالعضو الدوار. الذي يدور حول مركز يبعد مسافة معينة عن مركز الغلاف مما ينشأ عنه غرف متغيرة الحجم تنحصر بين العضو الدوار والغلاف وكل ريشتين متتاليتين.

عندما يدور العضو الدوار فإن قوى الطرد المركزي تعمل على إحكام غلق الريش مع الغلاف، ومن ثم يدخل المائع إلى المضخة فيملأ تلك الغرف المحكمة التي يقل حجمها تدريجياً فيزداد ضغط السائل حتى يصل إلى مخرج المضخة.

يصل تصرف وضغط هذا النوع من المضخات إلى  $200 \text{ m}^3/\text{h}$  و  $10 \text{ bar}$  وتتمتاز بذاتية التحضير وانخفاض الضوضاء الصادرة منها وخلو السائل الخارج من النبضات.



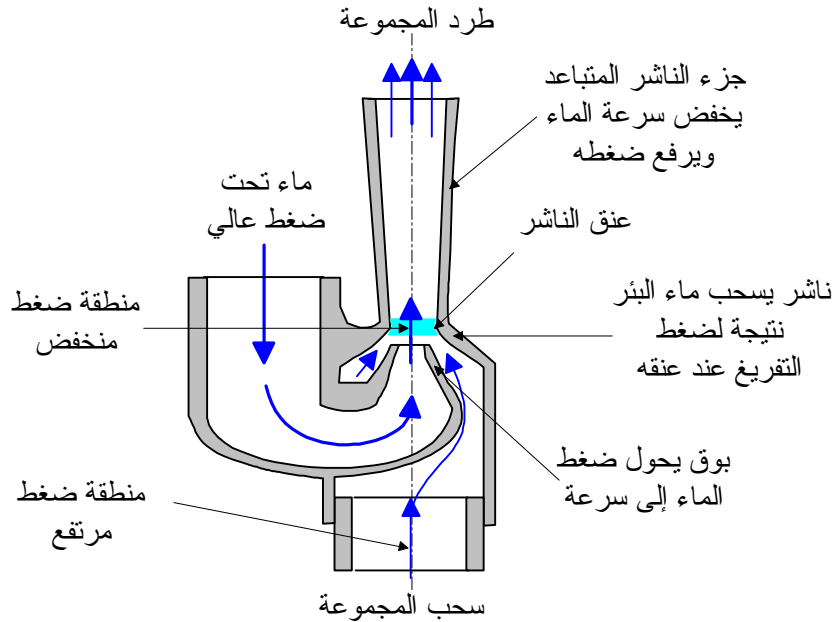
شكل (٧-٥) مضخة دوارة ذات الريش المنزلقة

### ٦-٥ مضخة النفث: Jet pump

تتكون مضخة النفث من مضخة طرد مركزي ومجموعة نفث مسؤولة عن سحب الماء من قاع البئر.

تتكون مجموعة النفث، كما يتضح من شكل (٨-٥)، من ناشر مثبت به عند عنقه تقريباً بوق تقاربي يدخله الماء تحت ضغط عالي فيخرج منه بسرعة عالية ثم يدخل إلى الناشر فتزداد سرعته وينخفض ضغطه كلما اقترب من عنق الناشر حتى يصل إلى أقل من الضغط الجوي فينتج عن ذلك سحب الماء من قاع البئر (ذي الضغط المرتفع) إلى عنق الناشر (ذي الضغط المنخفض) ثم يختلط كلا المائعين في

الناشر ويمرر خلال الجزء المتسع منه فتتخفض سرعة الخليط ويزداد ضغطه.



شكل (٨-٥) مجموعة النفث

يعتبر تصرف هذه المضخات منخفضاً ويتراوح بين 1 و 6 m<sup>3</sup>/h بينما قد تصل كفاءتها إلى 50% فقط. مضخات النفث نوعان هما مضخة النفث للآبار الضحلة Shallow well jet pump والتي تمثل وحدة النفث جزء من المضخة ذاتها، ومضخة النفث للآبار العميقة Deep well jet pump حيث تكون وحدة النفث منفصلة عنها وموجودة داخل البئر.

#### ١-٦-٥ مضخة النفث للآبار الضحلة: Shallow well jet pump

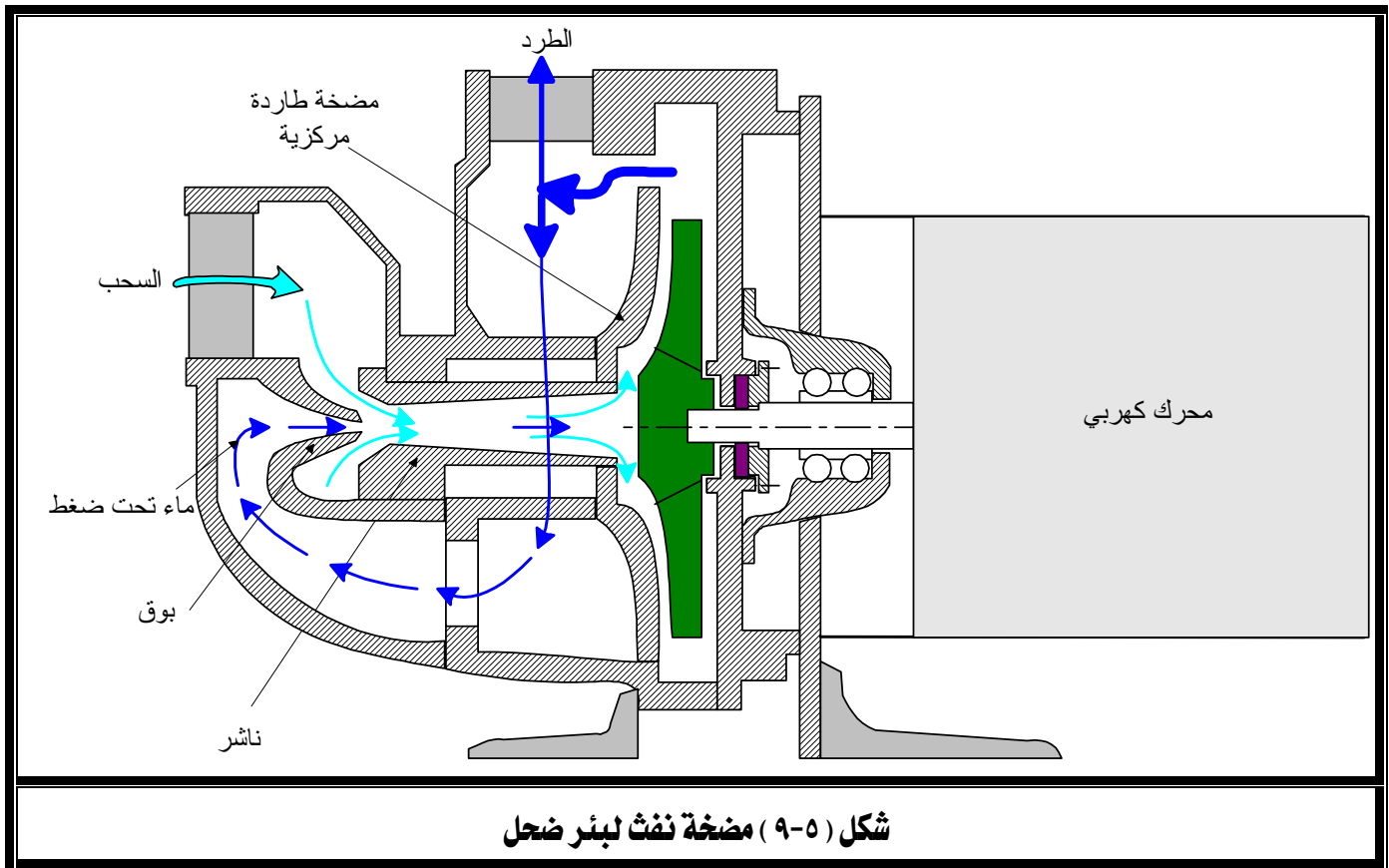
يستخدم هذا النوع من المضخات لرفع الماء من الآبار الضحلة والتي لا يتعدى منسوب الماء بها 6.5 m وتمتاز بخصائص سحب أفضل من المضخة الطاردة المركزية المنفردة التي تتدهور خصائصها بارتفاع درجة حرارة الماء (راجع ظاهرة التكيف).

تجهز هذه المضخة كما يتضح من شكل (٩-٥) بمجموعة نفث تضاف عند مدخلها.

عند تشغيل المضخة ينقسم الماء الخارج منها إلى جزأين، يخرج منه جزء (نصفه إلى ربعه) ويذهب الجزء الآخر بضغطه العالي إلى البوق ثم الناشر فتزداد سرعته ويقل ضغطه عند عنق الناشر فيصعد الماء من قاع البئر تحت تأثير ضغط التفريغ ومن ثم يمر خلال الناشر حيث تنخفض سرعته ويزداد ضغطه حتى يصل

إلى مدخل المضخة فينضغط فيها ويخرج منه جزء ويعاد الجزء الآخر إلى مجموعة النفط مرةً أخرى في دورة مستمرة.

تمتاز هذه المضخة بخلو البئر من أي أجزاء متحركة وبالتالي لا توجد مشاكل تشحيم أو تزييت أو أي أعمال صيانة، ولكن نظراً لانخفاض كفاءة تشغيلها (حوالي 40% في المتوسط) فإنها لا تصلح لأعمال الري ذات النطاق الواسع ولكنها مع ذلك تستخدم بشكل كبير في إمداد المنازل بالماء وفي ري المناطق الخضراء وحدائق المنازل.



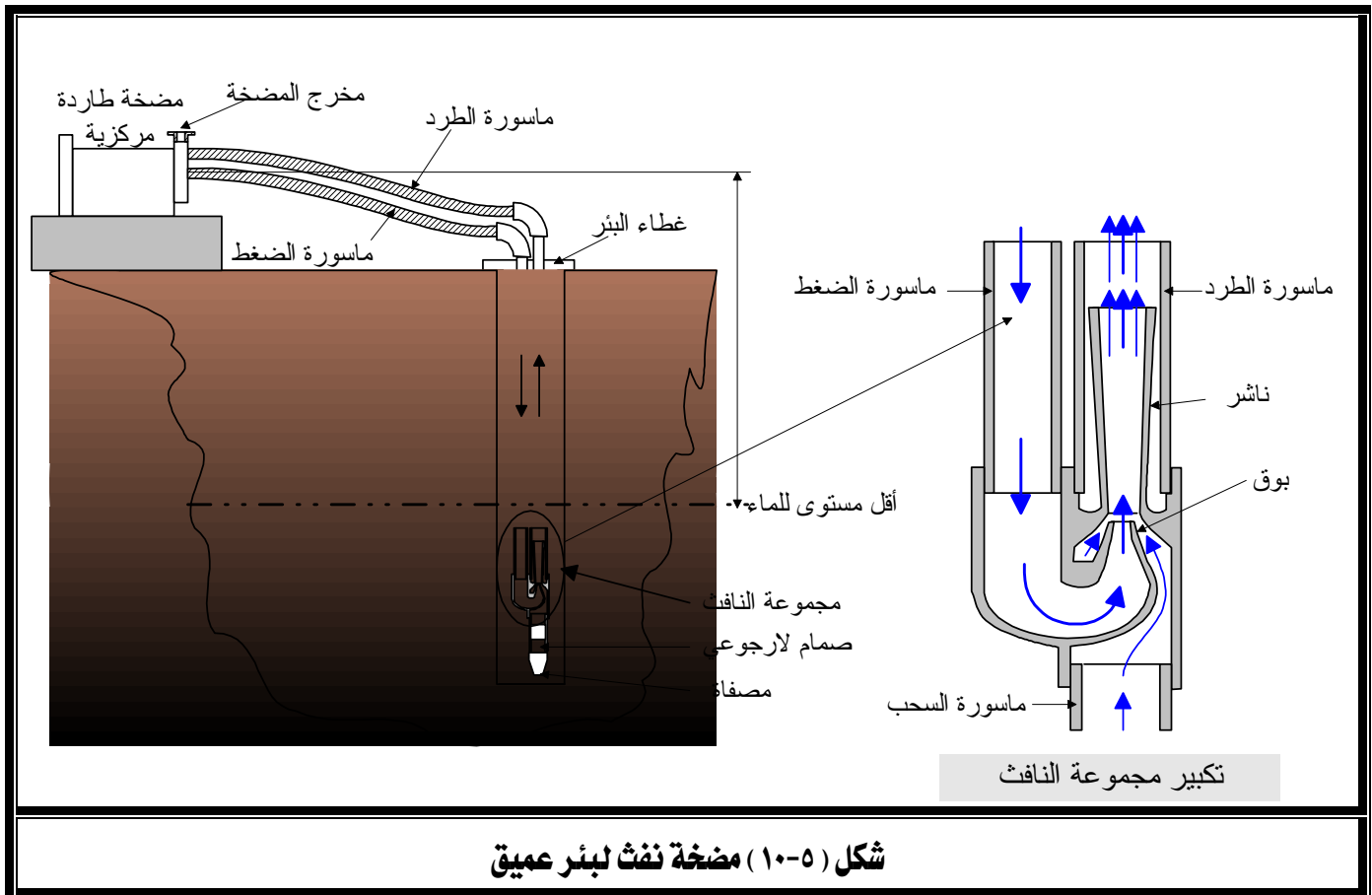
### ٥-٦-٢ مضخة النفط للآبار العميقة Deep well jet pump

عندما يزداد عمق البئر عن حوالي 6.5 m فإن مضخة النفط السابقة تفشل في ضخ الماء نتيجة لحدوث ظاهرة التكيف حيث يتحول جزء من الماء عند مجموعة النفط إلى بخار وبالتالي يتدهور سحبها. يمكن حل هذه المشكلة بفصل مجموعة النفط ووضعها داخل البئر بالقرب من مستوى الماء به وبالتالي تستطيع المضخة الجديدة أن تسحب الماء وترفعه من أعماق تصل إلى 60 m.

تتكون مضخة النفط للآبار العميقة، كما يتضح من شكل (٥-١٠)، من مضخة طاردة مركزية (تثبت عند مدخل البئر) ومجموعة نفث (تثبت في قاع البئر) ويصل بينهما ماسورتين إحداهما تسمى ماسورة الضغط والأخرى ماسورة الطرد.

تحمل ماسورة الضغط الماء المضغوط من المضخة الطاردة المركزية إلى مجموعة النفث في قاع البئر بينما تحمل ماسورة الطرد الماء المسحوب من البئر إلى المضخة حيث يخرج جزء منه للاستخدام ويعود الجزء الآخر إلى مجموعة النفث.

ولضمان تحضير المضخة يُستخدم صمام لارجوعي في بداية ماسورة السحب عند قاع البئر لضمان تواجد الماء بصفة مستمرة فيها وفي ماسورة الطرد حتى مدخل المضخة.



شكل (٥-١٠) مضخة نفث لبئر عميق

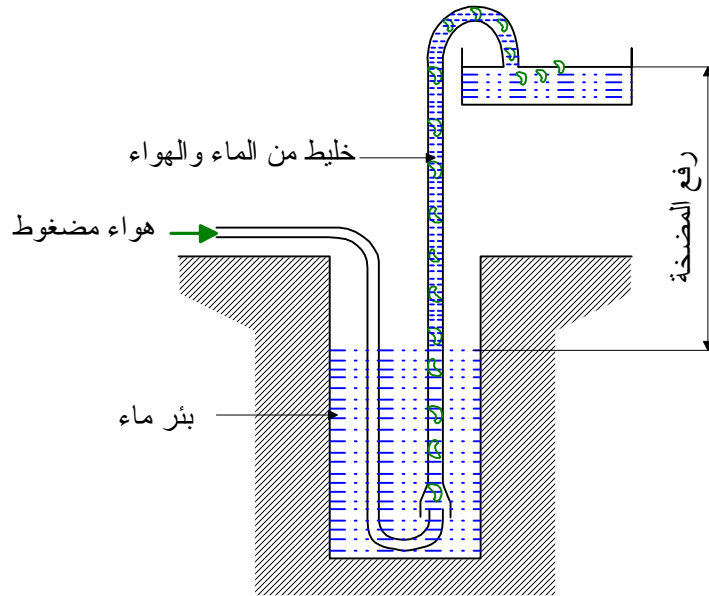
## ٧-٥ مضخة الرفع بالهواء : Air lift pump

هي آلة بسيطة لرفع الماء من الآبار العميقة باستخدام هواء مضغوط.

تكمن فكرة عمل هذه المضخة في دفع الهواء المضغوط عند قاع البئر من خلال ماسورة فيختلط مع الماء مكوناً خليطاً ذا كثافة أقل من الماء منفرداً مما يجعله خفيفاً عن الماء الذي حوله فيصعد إلى أعلى حيث ينفصل الهواء عن الماء في الخزان العلوي. يبين شكل (٥-١١) نموذجاً بسيطاً لهذا النظام.

تعتبر كفاءة هذه المضخة منخفضة حيث تتراوح بين 30% - 35% بينما يتراوح مدى تصرفها بين  $4.5-450 \text{ m}^3/\text{h}$ . وبالرغم من انخفاض كفاءتها إلا أنها تمتاز بالآتي:

- ١- ببساطة التصميم
- ٢- عدم وجود أجزاء متحركة بداخل البئر مما يطيل في عمرها الافتراضي.
- ٣- لا توجد مشكلة تزييت لأجزائها.
- ٤- رخص التكاليف المبدئية.



شكل (٥-١١) مجموعة الرفع بالهواء

## تمارين

١- اختر الإجابة الصحيحة :

- تتميز المضخة محورية السريان بـ

- ارتفاع تصرفها وارتفاع سمتها .

- ارتفاع تصرفها وانخفاض سمتها .

- توسط تصرفها وتوسط سمتها

- تتميز المضخة مختلطة السريان بـ

- ارتفاع تصرفها وارتفاع سمتها .

- ارتفاع تصرفها وانخفاض سمتها .

- توسط تصرفها وتوسط سمتها .

- يدخل الماء في المضخة المحورية

في اتجاه محور المضخة ويخرج :

- في اتجاه محور المضخة .

- في اتجاه عمودي على محور المضخة .

- في اتجاه يصنع زاوية مع محور المضخة .

- يدخل الماء في المضخة المختلطة

في اتجاه محور المضخة ويخرج :

- في اتجاه محور المضخة .

- في اتجاه عمودي على محور المضخة .

- في اتجاه يصنع زاوية مع محور المضخة .

٢- اشرح طريقة عمل مضخة التروس.

٣- اشرح طريقة عمل المضخة الدوارة ذات الأرياش المنزلقة.

٤- ارسم رسماً مبسطاً لمجموعة النفط ثم اشرح طريقة عملها.

٥- اذكر مكونات مضخة النفط للآبار، ثم اشرح طريقة عملها.

٦- اذكر الفرق بين مضختي النفط للآبار الضحلة والعميقة



المملكة العربية السعودية  
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني  
الإدارة العامة للتعليم وتطوير المناهج

## المضخات الزراعية

### ملحقات المضخات

ملحقات المضخات

٢

**الفصل الأول**

: ملحقات المضخات.

**الجدارة**

: تحديد ملحقات المضخات.

**الأهداف**

: عندما تكتمل هذه الوحدة يكون المتدرب قادراً على:

١- المشاركة في اختيار محرك إدارة المضخة.

٢- فهم بعض محركات تشغيل المضخات.

٣- وصف طرق نقل الحركة في المضخات.

٤- وصف أجزاء نقل الحركة.

٥- التعرف على بعض وسائل إيقاف المضخات

**مستوى الأداء المطلوب**

١- أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ٩٠٪.

٢- أن يصل المتدرب إلى إتقان ٩٠٪ من محتوى الوحدة.

**الوقت المتوقع للتدريب** : ٦ ساعات دراسية**الوسائل المساعدة**

١- الاطلاع على المراجع المذكورة في نهاية الكتاب.

٢- فحص نماذج بعض المضخات.

٣- مراجعة كتالوجات الشركات المصنعة للمضخات.

٤- ممارسة الجزء العملي الخاص بهذا الفصل.



## الفصل الأول : ملحقات المضخات Pumps accessories

### ١-٦ مقدمة :

للمضخات ملحقات لازمة لإكمال منظومة ضخ الماء نذكر منها :

١- محركات الإدارة .

٢- مجموعة نقل الحركة .

٣- فرامل الإيقاف .

وهذه العناصر لها وظائف محددة فيما يتعلق بالمضخات وتنقسم إلى أصناف متعددة تحتاج إلى مزيد من الشرح كما سيتضح لاحقاً.

### ٢-٦ محركات الإدارة :

هي مصدر الحركة الدورانية للمضخة وتعتمد إما على مصدر للطاقة الكهربائية كما في المحركات الكهربائية أو على مصدر للطاقة الكيماوية كما في حالة محركات الاحتراق الداخلي.

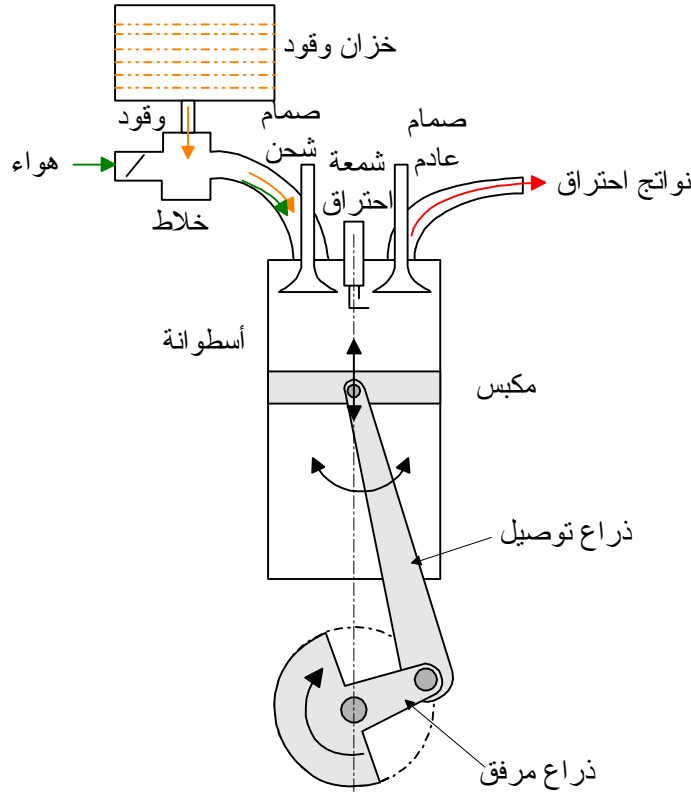
### ١-٢-٦ محركات الاحتراق الداخلي : Internal combustion engines

تستخدم محركات الاحتراق الداخلي بصورة كبيرة في إدارة المضخات الثابتة والمتحركة وخاصة في الأماكن التي لا تتوفر بها مصدر للكهرباء بطريقة اقتصادية، وتكثر استخداماتها بشكل عام في إدارة مضخات الآبار والري والصرف، ويوضح شكل (١-٦) محرك ديزل يدير مضخة توربينية.



شكل (١-٦) محرك ديزل يدير مضخة توربينية

ومحرك الاحتراق الداخلي عبارة عن آلة تحول الطاقة الكيميائية الكامنة في الوقود إلى طاقة حركية عن طريق حرق هذا الوقود داخل غرفة يتحرك بداخلها مكبس حركة ترددية يتم تحويلها إلى حركة دورانية عن طريق آلية خاصة كما يتضح من شكل (٢-٦).



شكل (٢-٦) نموذج آلة احتراق داخلي

#### ١-١-٢-٦ تصنيف محركات الاحتراق الداخلي: Classification of internal combustion engines

تصنف محركات الاحتراق الداخلي حسب نوع الوقود المستخدم بها إلى :

- ١- محركات البنزين وتستخدم الجازولين كوقود وتسمى محركات الإشعال بالشرارة Spark Ignition Engines
- ٢- محركات الديزل وتستخدم وقود الديزل وتسمى محركات الإشعال بالإنضغاط Compression Ignition Engines
- ٣- محركات الغاز وغالباً ما تستخدم الغاز الطبيعي كوقود.

كما تصنف حسب الدورة الثرموديناميكية التي تتبعها إلى:

١- محركات رباعية الأشواط .

٢- محركات ثنائية الأشواط .

كما تصنف حسب نظام التبريد بها إلى:

١- محركات مبردة بالماء .

٢- محركات مبردة بالهواء .

كما تصنف حسب ترتيب الأسطوانات إلى:

١- محركات رأسية على خط واحد Vertical In line .

٢- محركات أفقية ترتب على شكل دائرة في اتجاه نصف القطر Radial .

٣- محركات لها صفيين على شكل حرف V V-type .

وتتعدد أسطوانات المحرك من أسطوانة واحدة إلى عشرين أسطوانة في حالة القدرات العالية.

وهناك تصميمات كثيرة لرأس المحرك الذي يعتبر بمثابة غرفة الاحتراق لتناسب سرعة المحرك ونوع

الوقود المستخدم فيها.

وتستخدم الأنواع الحديثة من محركات البنزين بخاخات لحقن الوقود بدلاً من الخلطات

المستخدمة في الأنواع التقليدية القديمة وذلك لرفع كفاءة تشغيلها.

وتعتمد قدرة محرك ما على حجم وعدد أسطوانته وسرعة دورانه، ويبين الجدول التالي المحركات

المتاحة ومدى القدرة الناتجة عنها:

مدى القدرة المتاحة	نوع المحرك
١ - ٧٥ حصان *	١- محركات مبردة بالهواء (بنزين ، غاز طبيعي أو ديزل)
١٠ - ٣٠٠ حصان	٢- محركات بنزين مبردة بالماء
١٠ - ٥٠٠٠٠ حصان	٣- محركات ديزل مبردة بالماء
* للتحويل من حصان إلى كيلووات اضرب الحصان $\times 0.736$	

## ٢-١-٢-٦ أداء محركات الاحتراق الداخلي: Performance of Internal Combustion Engines

يقصد بأداء المحرك تأثير عوامل تشغيله من سرعة وتحميل على عزمه وقدرته واستهلاكه النوعي للوقود وكذلك على تركيز الملوثات الخارجة منه مع غازات العادم. يبين شكل (٦-٣) جزء من أداء محرك ديزل و محرك بنزين عند حمل جزئي، ويتضح منه الأداء العام لمحركات الاحتراق الداخلي والذي يتميز بالآتي:

١- تزداد قدرة المحرك بازدياد سرعته حتى سرعة معينة ربما تنخفض بعدها نظراً لزيادة فواقد الطاقة بشكل كبير.

٢- ينخفض عزم المحرك بزيادة سرعته.

٣- ينخفض معدل استهلاك الوقود النوعي بزيادة قدرة المحرك وذلك عند سرعة ثابتة.

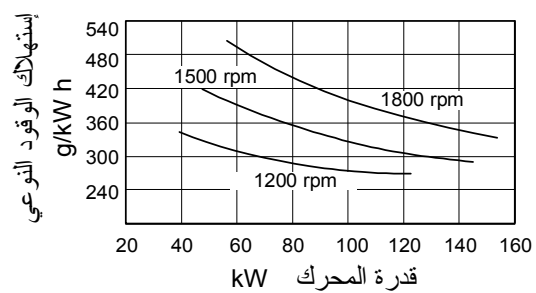
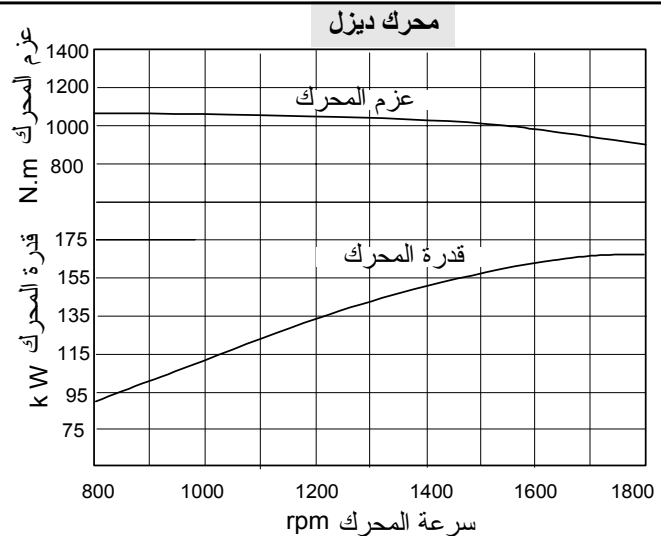
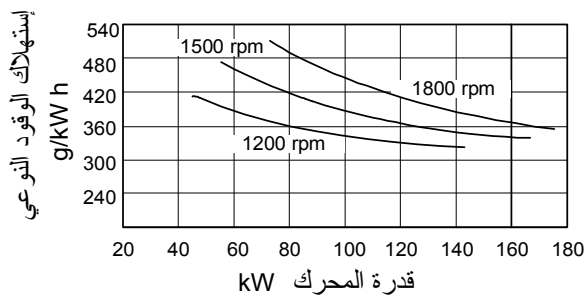
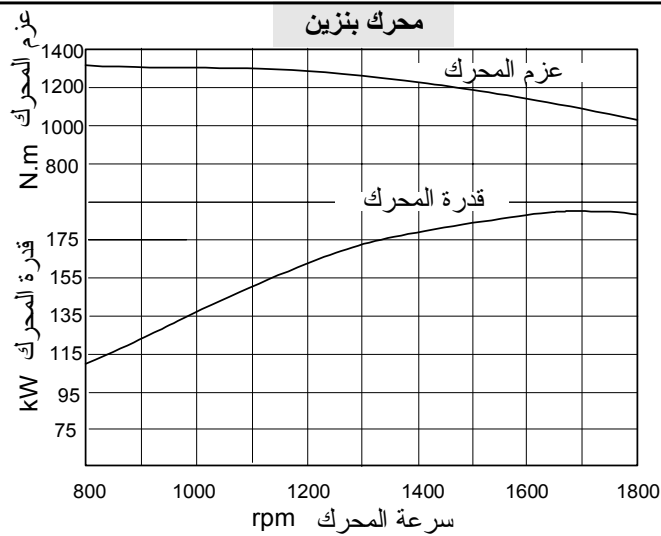
٤- يزداد معدل استهلاك الوقود النوعي بزيادة سرعة المحرك وذلك عند حمل معين.

ونظراً لاختلاف طبيعة الاحتراق في محركات الديزل عن محركات البنزين فإن نسب الانضغاط المستخدمة في محركات الديزل تكون أعلى مما في محركات البنزين مما ينتج عنه الآتي:

١- انخفاض معدل استهلاك الوقود النوعي لمحرك الديزل بشكل عام عن مثيله في محركات البنزين مما يجعل تشغيل محركات الديزل أفضل من الناحية الاقتصادية.

٢- ثبات عزم محرك الديزل النسبي عن مثيله في محركات البنزين وذلك خلال مدى تغير متساوي في السرعة.

ونظراً لارتفاع كفاءة محركات الديزل عن محركات البنزين والثبات النسبي لعزمها فإنها تستخدم على نطاق واسع في الآبار ومحطات الصرف، أما محركات البنزين فغالباً ما تستخدم في المضخات المتحركة.



شكل ( ٦-٣ ) عينة لأداء محركات الديزل والبنزين

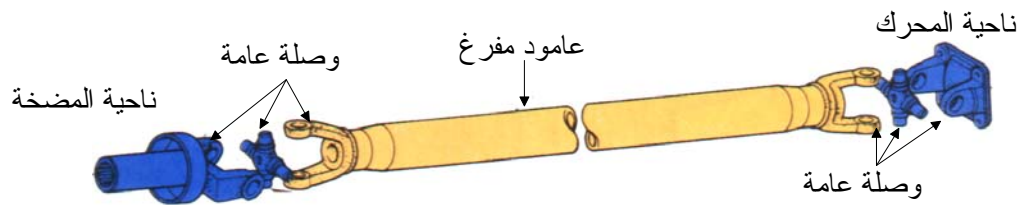
## ٣-٦ طرق نقل الحركة؛

يتم نقل الحركة بين محرك الإدارة والمضخة عموماً بطريقتين:

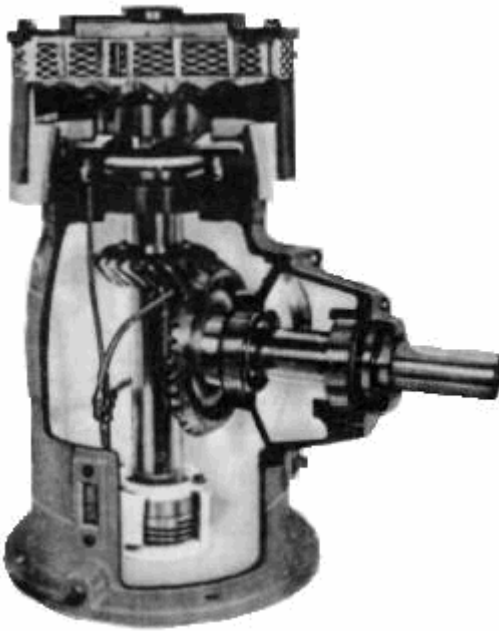
الأولى عن طريق عمود الكردان شكل (٤-٦) الذي يسمح بوجود اختلاف بين محور عمود المرفق بالمحرك وعمود المضخة.

والثانية عن طريق سير كما في حالة المحركات الكهربائية، شكل (٥-٦).

وقد يستخدم لذلك صندوق تروس كما في شكل (٦-٦) لنقل حركة عمود المرفق الأفقي إلى عمود المضخة الرأسي وذلك في حالة المضخات التوربينية.



شكل (٤-٦) عمود الكردان لوصل المحرك بالمضخة



شكل (٦-٦) صندوق تروس نقل الحركة



شكل (٥-٦) نقل الحركة عن طريق السيور

كذلك تستخدم القوابض في كثير من مضخات الري لفصل ووصل الحركة كما سيتضح من

الشرح التالي.

## ٤-٦ القوابض : Clutches

يُستخدم القابض لتوصيل وفصل حركة محرك الإدارة إلى وعن عمود إدارة المضخة. فعند بداية تشغيل المضخة يفضل تشغيل المحرك أولاً حتى ينتهي من فترة التسخين ويصل إلى حالة الاستقرار ثم يتم بعد ذلك تعشيق المحرك تدريجياً مع المضخة عن طريق القابض.

سوف يقتصر شرحنا هنا فقط على القوابض الميكانيكية التي تعتمد في طريقة عملها على الاحتكاك بين سطحين أحدهما متحرك (القائد) والآخر ثابت (التابع) وذلك لشيوع استخدامها في منظومة المضخة.

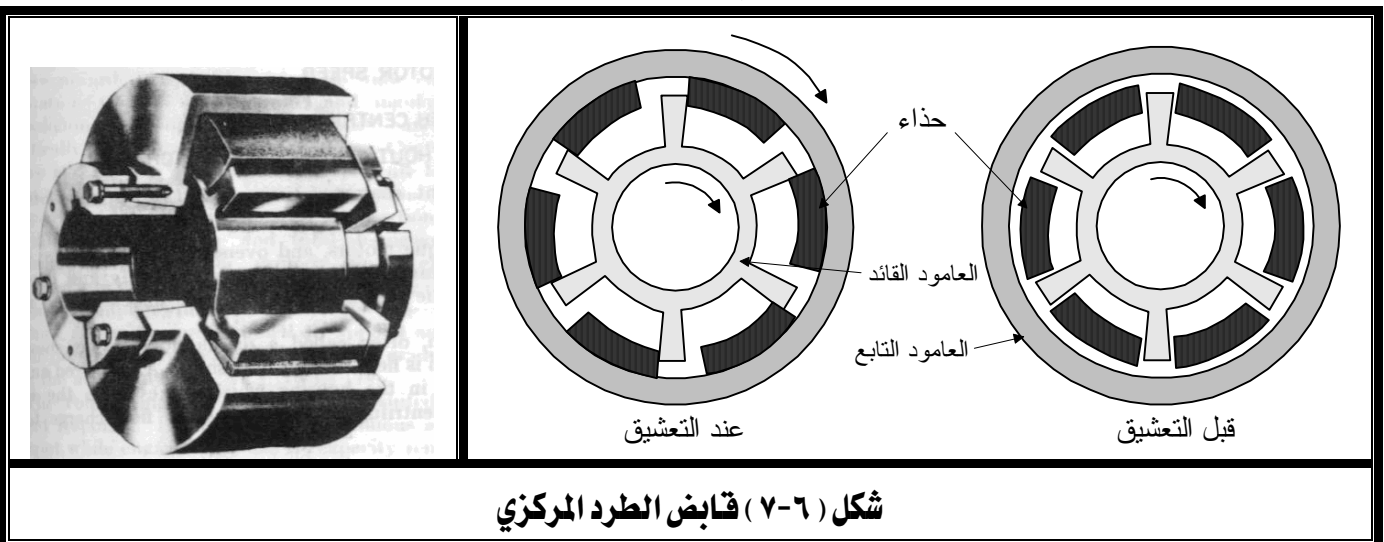
هناك أنواع عديدة لقوابض الاحتكاك منها ذات الطرد المركزي ومنها ذات الإطار ومنها متعددة الأقراص، وتتكون جميعها من ثلاثة عناصر أساسية هي:

- مجموعة أسطح احتكاك تواجه بعضها البعض.
- وسيلة لنقل العزم من وإلى أسطح الاحتكاك .
- آلية لدفع أسطح الاحتكاك للالتصاق مع بعضها البعض.

## ١-٤-٦ قابض الطرد المركزي: Centrifugal clutches

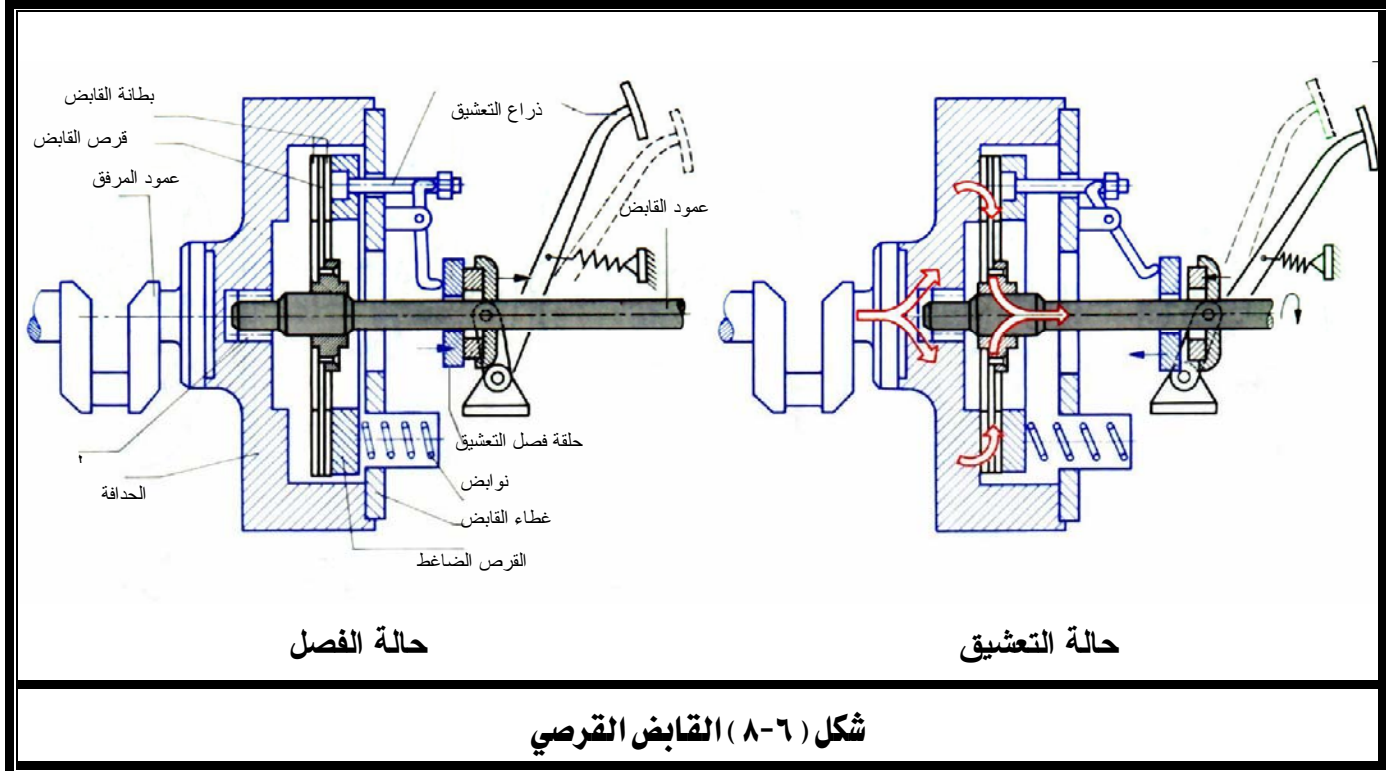
هو قابض آلي يبدأ التعشيق عند سرعة معينة بتأثير قوة الطرد المركزي وبهذا يسمح للمحرك أو الماطور الكهربائي أن يبدأ حركته ويسخن ويتعجل إلى سرعة التشغيل بدون تحميل.

يبين شكل (٦-٧) مثال لهذا القابض حيث يدور العضو القائد فتدور معه الأحذية وتندفع بقوة الطرد المركزي إلى المحيط الداخلي للعضو التابع وبازدياد السرعة تزداد قوة الطرد المركزي فتلتصق الأحذية بقوة وتعمل قوة الاحتكاك على نقل عزم حركة العضو القائد إلى العضو التابع فيدور معه.



## ٦-٤-٢ القابض القرصي: disk clutch

يتكون هذا القابض من قرص واحد أو مجموعة من أقراص الاحتكاك المبطنة بمادة تتحمل الاحتكاك، ويبين شكل (٦-٨) أحد هذه الأنواع في حالتي الفصل والتعشيق.



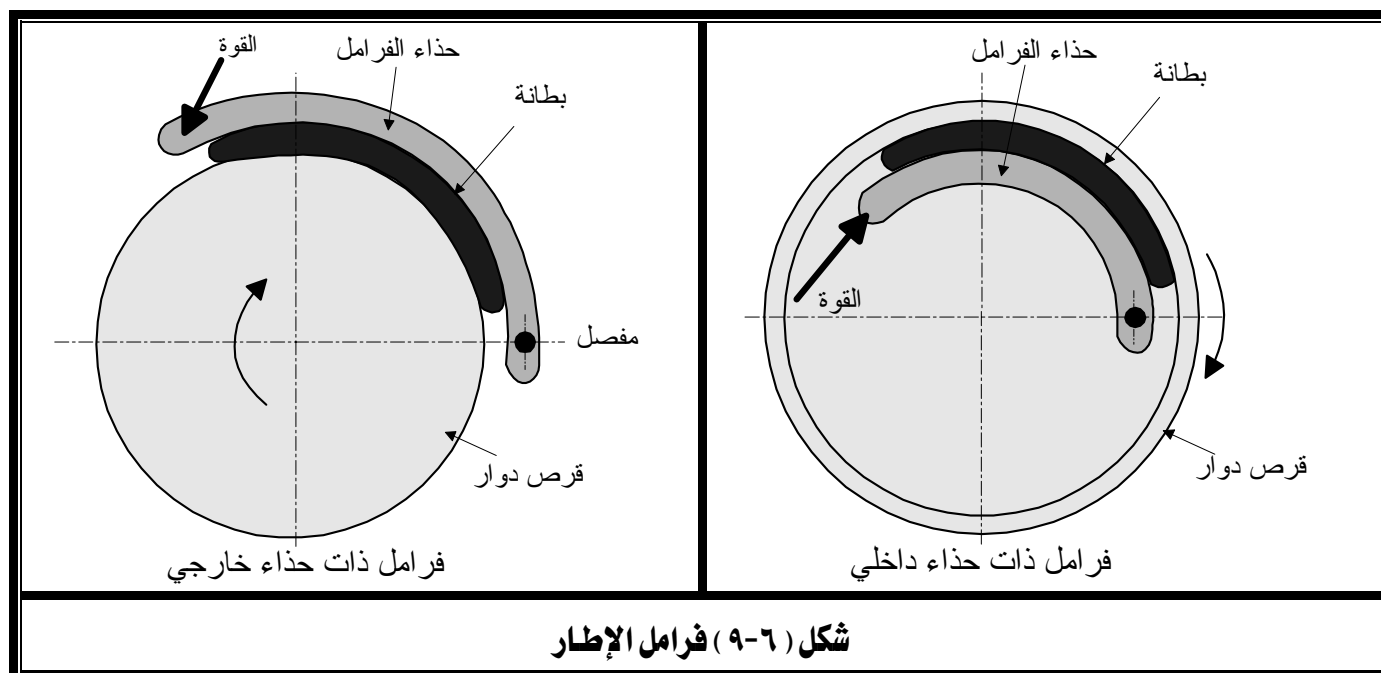
## ٦-٥-٥ الفرامل: Brakes

تُستخدم الفرامل في إيقاف عمود إدارة المضخة عند اللزوم وهي غير شائعة الاستعمال في المضخات إلا في تطبيقات خاصة وتُصنف إلى الآتي:

## ٦-٥-١ فرامل الإطار Rim type brakes

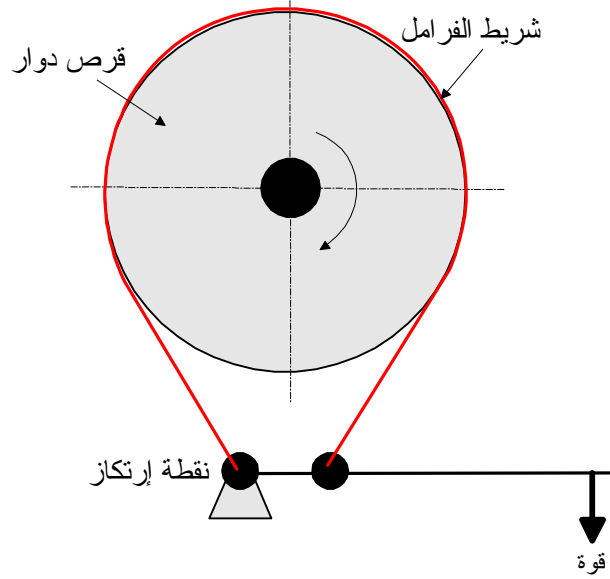
وتشمل النوع ذو الحذاء الداخلي والنوع ذو الحذاء الخارجي، شكل (٦-٩). يُستخدم في كلا النوعين حذاء الفرامل الذي يبطن بمادة تتحمل الاحتكاك العالي ويتحرك حركة مفصلية بحيث تضغط البطانة على قرص دوار إما من الداخل أو من الخارج عند الحاجة فيعمل الاحتكاك على إيقاف القرص. ويبين شكل (٦-١٠) أحد أنواع الفرامل ذات الحذائين شائعة الاستخدام.





## ٢-٥-٦ فرامل الشريط Band brakes

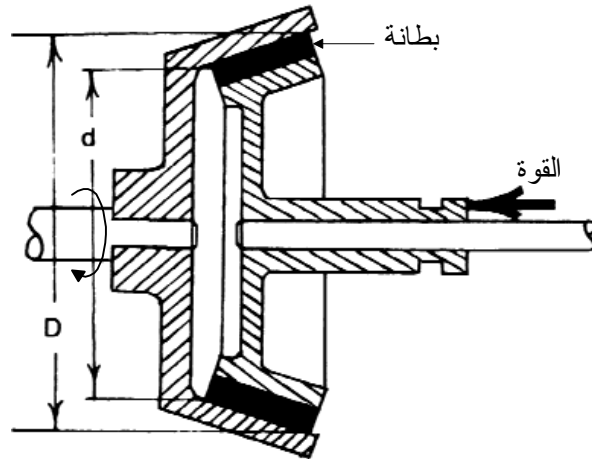
وهي عبارة عن شريط لين يلتف حول القرص الدوار ويلتصق به عند إجراء عملية الفرملة كما يتضح من شكل (٦-١١). يصنع الشريط عادة من نسيج مادة الأسبستوس ويقوى أحياناً بأسلاك النحاس المشبعة بالإسفلة.



شكل (٦-١١) فرامل الشريط

## ٣-٥-٦ الفرامل المخروطية Cone brakes

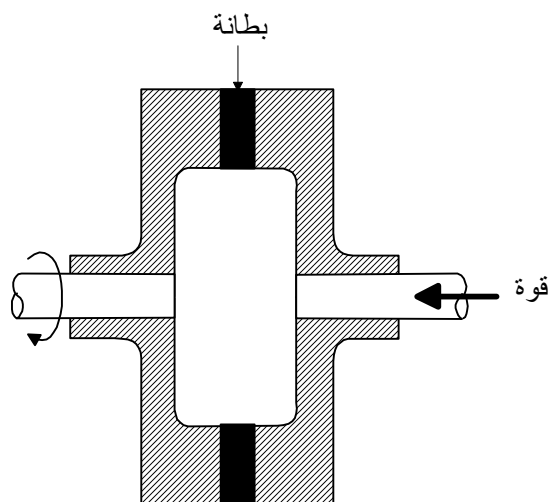
وفيهما تنزلق بطانة الفرامل على سطح مخروطي مما ينتج عنه بري منتظم، انظر شكل (٦-١٢).



شكل (٦-١٢) الفرامل المخروطية

## ٦-٥-٤ الفرامل القرصية Disk brakes

وهي خالية من تأثير قوى الطرد المركزي وتتميز بمساحة احتكاك كبيرة في حيز صغير، ولها مقدرة على تشتيت الحرارة أعلى من فرامل الإطار، انظر شكل (٦-١٣).



شكل (٦-١٣) الفرامل القرصية

## تمارين

- ١- أكمل: تحول محركات الاحتراق الداخلي الطاقة الكيميائية في ..... إلى طاقة .....
- ٢- اذكر تصنيف محركات الاحتراق الداخلي تبعاً لنوع الوقود المستخدم بها.
- ٣- اذكر تصنيف محركات الاحتراق الداخلي تبعاً لترتيب أسطواناتها.
- ٤- تزداد قدرة محرك الاحتراق الداخلي ب ..... سرعته حتى سرعة معينة ..... بعدها نظراً لزيادة فواقد الطاقة بشكل كبير.
- ٥- هل نسب الانضغاط المستخدمة في محركات البنزين أعلى أم أقل منها في حالة محركات الديزل ؟
- ٦- أيهما له أعلى كفاءة تشغيل ، محركات الديزل أم محركات البنزين.
- ٧- يستخدم عمود ..... لنقل حركة محرك الاحتراق الداخلي إلى المضخة التوربينية.
- ٨- اذكر وظيفة القابض.
- ٩- اشرح طريقة عمل القابض الطارد المركزي.
- ١٠ - اذكر أنواع الفرامل ، ثم اشرح مبيناً ذلك بالرسم طريقة عمل إحداها

## المضخات الزراعية

### اختيار المضخات



## الفصل الأول : اختيار المضخات

**الجدارة** : اختيار المضخة المناسبة لتطبيق معين.

**الأهداف** : عندما تكتمل هذه الوحدة يكون المتدرب قادراً على:

١- تحديد نوع المضخة بمعلومية السرعة النوعية.

٢- تحديد نوع المضخة بمعلومية عمق الماء.

٣- اختيار المضخة.

**مستوى الأداء المطلوب** : ١- أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ٩٠٪.

٢- أن يصل المتدرب إلى إتقان ٩٠٪ من محتوى الوحدة.

**الوقت المتوقع للتدريب** : ٢ ساعات دراسية .

**الوسائل المساعدة** : ١- الاطلاع على المراجع المذكورة في نهاية الكتاب.

٢- مراجعة كتالوجات الشركات المصنعة للمضخات.

## الفصل الأول: اختيار المضخات

## Pumps selection

## ١-٧ أساسيات اختيار المضخات:

إن اختيار مضخة الري يقوم أساساً على العلاقة بين كفاءة المضخة وكل من تصرفها وسمتها الكلي، ومن ثم اختيارها لتعمل بأفضل كفاءة خلال مدى التشغيل المتوقع.

يتم اختيار المضخات على ثلاث مراحل:

أولاً: تحديد نوع المضخة بمعلومة السرعة النوعية.

ثانياً: تحديد نوع المضخة تبعاً لعمق الماء أو شكل البئر.

ثالثاً: تحديد أبعاد المضخة لإعطاء أكبر كفاءة عند مدى التشغيل المتوقع.

## ١-٧-١ تحديد نوع المضخة بمعلومة السرعة النوعية:

وهو بمعنى أدق تحديد نوع عضو المضخة الدوار، إما نصف قطري أو مختلط السريان أو محوري

السريان. وللوصول إلى ذلك نقوم بعمل الآتي:

١- تقدير التصرف المطلوب من المضخة  $Q$  ( $m^3/h$ ).

٢- تقدير سمت المضخة الكلي وهو المسافة الرأسية بين منسوب الماء عند السحب وعند الطرد  $h_p$  (m).

٣- معرفة سرعة المحرك المتاحة لإدارة المضخة  $N$  (rpm).

٤- حساب السرعة النوعية  $N_s$ :

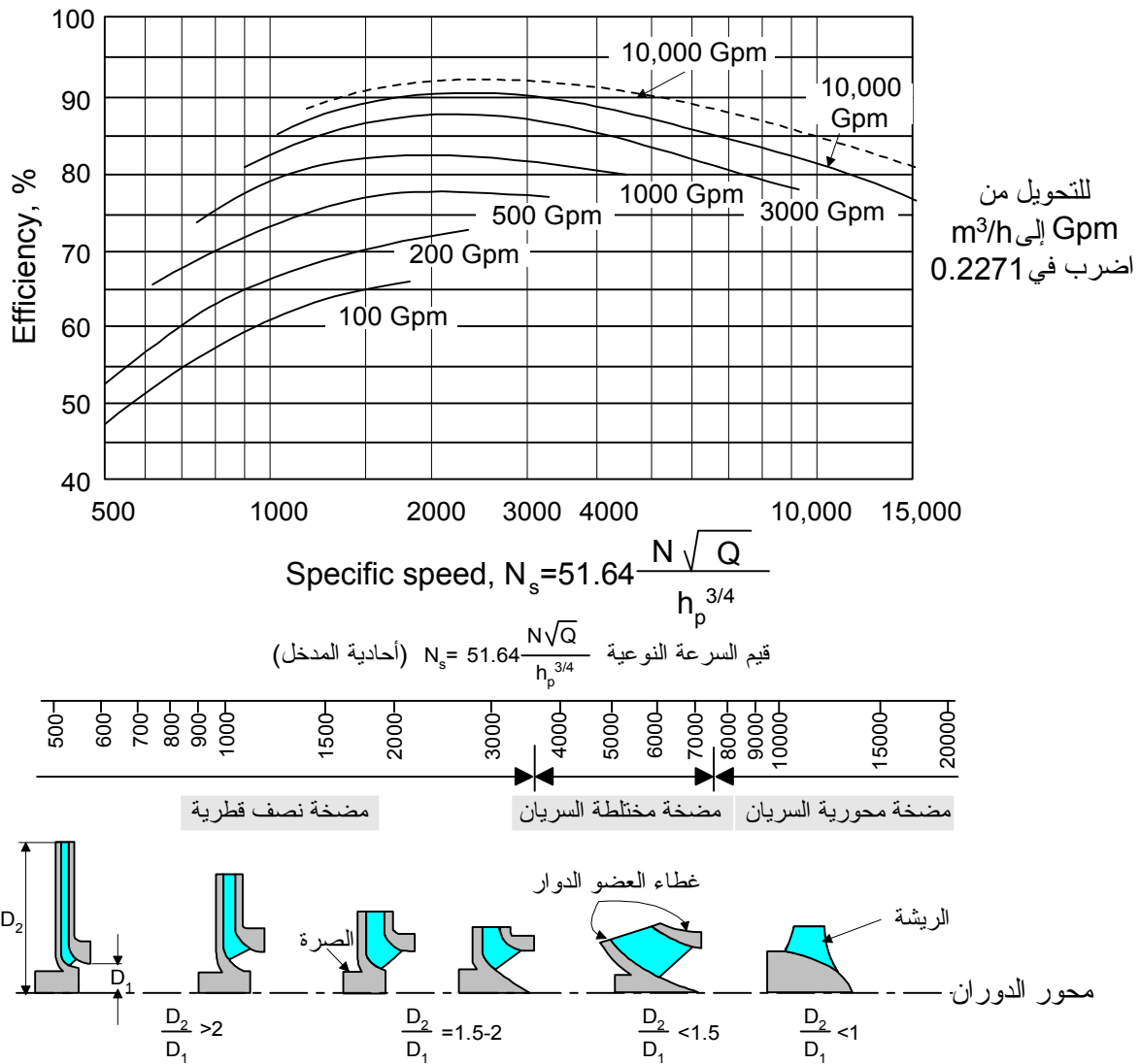
$$N_s = 51.64 \frac{N\sqrt{Q}}{h_p^{3/4}}$$

٥- تحديد نوع المضخة تبعاً لقيمة السرعة النوعية كالتالي:

نوع المضخة	مدى السرعة النوعية
مضخة من النوع النصف قطري	$N_s < 3500$
مضخة مختلطة	$3500 < N_s < 7500$
مضخة محورية	$7500 < N_s < 15000$

ويمكن الرجوع لشكل (١-٧) لمزيد المعرفة بمدى استخدام كافة أنواع المضخات ومنحني كفاءتها خلال مدى تشغيلها.

يلاحظ من الشكل أنه يمكن التعويض في معادلة السرعة النسبية بأكثر من سرعة للمضخة للحصول على أنسب سرعة نسبية تعطي أعلى كفاءة للمضخة عند ظروف تشغيل معينة. فمثلاً عند تصرف قدره 1000 Gpm (اضرب  $\times 0.2271$  للتحويل إلى  $m^3/h$ ) تصل أعلى كفاءة للمضخة إلى حوالي 83% عند سرعة نسبية 2000. وبالتالي يمكن الوصول قريباً من هذه السرعة النسبية بدلالة السمات والتصرف المعلومين واختيار أقرب سرعة متوفرة لمحرك إدارة المضخة المراد اختيارها.



شكل (١-٧) تصنيف المضخات تبعاً للسرعة النسبية



## ٧-١-٢ تحديد نوع المضخة تبعاً لعمق الماء:

ويتم ذلك بالرجوع إلى التصنيف التالي:

ملاحظات (الاستخدام)	نوع المضخة	عمق الماء
	مضخة طاردة مركزية	أقل من ٦ متر ومعدل تصرف منخفض
تصرف عالي	مضخة محورية	عمق ضحل
الحدائق والمنازل	مضخة النفط للآبار الضحلة	حتى ٦ أمتار
الآبار القريبة من المنازل	مضخة النفط للآبار العميقة	بين ٦ أمتار و ٦٠ متر
الآبار	مضخة توربينية ذات العمود الطويل	حتى ٦٠٠ متر
الآبار	مضخة غاطسة	حتى ٤٠٠٠ متر

## ٧-١-٣ تحديد أبعاد المضخة لإعطاء أكبر كفاءة عند مدى التشغيل

ويتم ذلك بالاطلاع على منحنيات الأداء الخاصة بمجموعة المضخات ذات النوع المختار في البندين السابقين حسب كتالوجات الشركة المصنعة. ويمكن الاستعانة بالجدول (٤-١) لغرض التدريب.

جدول (٤-١) بعض مواصفات المضخات التوربينية

السرعة rpm	السمت لكل مرحلة (m)		السعة m <sup>3</sup> /h		قطر أنبوب البئر (mm)	الموديل
	إلى	من	إلى	من		
2880	4.6	2.44	18	4.5	100	4S
1440	3.05	1.52	39	18	150	6S
2880	10.7	6.1	78	45	150	6S
1440	4.57	2.44	59	27	200	7S
2880	15.25	8.8	118	64	200	7S
1440	5.2	3.35	91	45	200	8S
1440	7.0	3.05	173	73	250	9S
1440	7.6	2.05	249	114	250	10S
1440	11.6	6.1	363	182	300	12S
1440	14.65	9.75	546	363	350	14S
1440	19.85	7.64	756	450	400	16S
1440	27.4	14.65	1452	907	500	20S
1440	37.8	24.4	2160	1365	600	24S

## مثال محلولة

ماء على عمق 50 m يراد رفعه بمعدل سريان قدره  $227 \text{ m}^3/\text{h}$  لغرض الري، استخدم الخريطة الموضحة بشكل (١-٧) والجدول (١-٤) لاختيار أنسب مضخة ري تعمل بأفضل كفاءة خلال مدى التشغيل المطلوب.

## الحل

$$\begin{aligned} 1- \text{تصرف الماء:} \quad Q &= \frac{227}{3600} = 0.0631 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= \frac{227}{0.2271} \cong 1000 \text{ Gpm} \end{aligned}$$

٢- حيث إن الماء عميق فيتحتم استخدام مضخة توربينية لهذا الغرض.

٣- تفضل المضخة التوربينية على الغاطسة في هذا المدى من الأعماق لرخص ثمنها وسهولة صيانتها.

٤- نحسب السرعة النسبية بناءً على اختيار مرحلة واحدة وسرعة 1440 rpm :

$$N_s = 51.64 \frac{N\sqrt{Q}}{h_p^{3/4}} = 51.64 \times \frac{1440 \times \sqrt{0.0631}}{50^{0.75}} = 993$$

٥- بتمثيل الحالة ( $N_s=993$ ,  $Q=1000 \text{ Gpm}$ ) على الخريطة الموضحة بشكل (١-٧) نجد أن الكفاءة

أقل من 78% في حين أن أعلى كفاءة للمنحني 1000 Gpm تصل إلى 83% عند سرعة نسبية 2000.

لهذا نجرب مرحلتين أو ثلاث حتى نقرب من هذه الحالة (في كل مرة نقسم السميت على عدد المراحل) كما يلي:

$$N_s = 51.64 \times \frac{1440 \times \sqrt{0.0631}}{25^{0.75}} = 1671 \quad \text{مرحلتين :}$$

$$N_s = 51.64 \times \frac{1440 \times \sqrt{0.0631}}{16.67^{0.75}} = 2264 \quad \text{ثلاثة مراحل :}$$

٦- بالرجوع إلى شكل (٧-١) ربما نكتفي بثلاث مراحل للمضخة حيث إننا قد اقتربنا من نقطة الكفاءة القصوى، ولكن بالرجوع إلى موصفات إحدى الشركات المصنعة للمضخات بجدول (٤-١) نجد أن هذه المضخة غير متوفرة وأن أقرب مضخة هي 12S والتي يمكن أن تعطي سمّاً في حدود 10 m وتغطي التصرف المطلوب. لذلك لابد لنا من استخدام خمس مراحل من هذه المضخة (بواقع 10 m لكل مرحلة)، وبالتالي تكون السرعة النسبية:

$$N_s = 51.64 \times \frac{1440 \times \sqrt{0.0631}}{10^{0.75}} = 3322 \quad \text{خمس مراحل :}$$

٧- بتوقيع الحالة الجديدة ( $N_s=3322$ ,  $Q=1000$  Gpm) على خريطة الشكل (٧-١) نجد أن كفاءة هذه المضخة حوالي 81% وهي أفضل ما يمكن الحصول عليه.

- ٨- عليه فالمضخة المناسبة لرفع الماء من عمق 50 m بتصرف  $227 \text{ m}^3/\text{h}$  هي:
- مضخة آبار توربينية ذات أنبوب قطره 300 mm (راجع الجدول (٤-١) ومن المفضل أن تدار بمحرك ديزل لارتفاع كفاءة تشغيله.
  - ذات عضو دوار مختلط السريان .
  - وذات خمس مراحل .
  - سرعتها 1440 rpm .

## تمارين

١- ماء على عمق 5 m يراد رفعه إلى ارتفاع 15 m بمعدل سريان قدره  $45 \text{ m}^3/\text{h}$  لاستعماله في الشرب، احسب السرعة النسبية لمضخة ذات مرحلة واحدة تغطي هذه الحالة ثم اختر نوعها (نصف قطرية- مختلطة- محورية) تبعاً لذلك، ثم قدر كفاءة تشغيلها من الشكل (١-٧).

(ملاحظة: عمق المضخة يساوي 5+15 ويمكن استخدام سرعة المحرك 1440 rpm)

٢- ماء على عمق 2 m يراد رفعه 3 m بمعدل  $680 \text{ m}^3/\text{h}$ ، احسب السرعة النسبية لمضخة ذات مرحلة واحدة تغطي هذه الحالة ثم اختر نوعها (نصف قطرية- مختلطة- محورية) تبعاً لذلك، ثم قدر كفاءة تشغيلها من الشكل (١-٧).

(ملاحظة: عمق المضخة يساوي 2+3 ويمكن استخدام سرعة المحرك 1440 rpm)

٣- ماء على عمق 50 m يراد رفعه بمعدل سريان قدره  $680 \text{ m}^3/\text{h}$  لغرض الري، استخدم الخريطة الموضحة بشكل (١-٧) والجدول (١-٤) لاختيار أنسب مضخة ري تعمل بأفضل كفاءة خلال مدى التشغيل المطلوب.

ملحوظة: (للتحويل من  $\text{m}^3/\text{h}$  إلى Gpm اقسم على 0.2271)

## اختبار نهائي (١)

١- ما الفرق بين مضخات الإزاحة الإيجابية ومضخات الطرد المركزي ؟

٢- يسري ماء بمعدل  $450 \text{ m}^3/\text{h}$  في ماسورة قطرها  $250 \text{ mm}$  ، احسب سرعة الماء في الماسورة.

٣- احسب السرعة النسبية لمضخة سرعتها  $3000 \text{ rpm}$  وتصرفها  $1500 \text{ m}^3/\text{h}$  وترفع الماء بين مستويين المسافة الرأسية بينهما  $35 \text{ m}$ .

٤- اذكر أجزاء المضخة الطاردة المركزية ، ثم بين طريقة عملها.

٥- اشرح وظيفة الغلاف في المضخة الطاردة المركزية وبين نوعيه المستخدمين.

٦ - اختر الإجابة الصحيحة:

أ- يثبت محرك إدارة المضخة التوربينية	- أعلى البئر	- داخل البئر	- أدنى البئر
ب- يثبت محرك المضخة الغاطسة	- أعلى البئر	- داخل البئر	- أدنى البئر
ج- العضو الدوار في المضخة التوربينية	- مغمور في ماء البئر	- خارج ماء البئر	
د- نوع محرك المضخة الغاطسة	- احتراق داخلي	- كهربى	
هـ- تتميز المضخة محورية السريان بـ	- ارتفاع تصرفها وارتفاع سمتها	- ارتفاع تصرفها وانخفاض سمتها	- توسط تصرفها وتوسط سمتها
و- تتميز المضخة مختلطة السريان بـ	- ارتفاع تصرفها وارتفاع سمتها	- ارتفاع تصرفها وانخفاض سمتها	- توسط تصرفها وتوسط سمتها
ز- يدخل الماء في المضخة المختلطة في اتجاه محور المضخة ويخرج	- في اتجاه محور المضخة	- في اتجاه عمودي على محور المضخة	- في اتجاه يصنع زاوية مع محور المضخة

- ٧- اذكر الثلاث مجموعات الرئيسة التي تتكون منها المضخة التوربينية أو الغاطسة.
- ٨- اذكر مكونات مجموعة الطاسة في المضخة التوربينية أو الغاطسة.
- ٩- اذكر مكونات مضخة النفط للآبار، ثم اشرح طريقة عملها بنوعيتها.
- ١٠- تزداد قدرة محرك الاحتراق الداخلي ب ..... سرعته حتى سرعة معينة ..... بعدها نظراً لزيادة فواقد الطاقة بشكل كبير.
- ١١- اشرح طريقة عمل القابض الطارد المركزي.
- ١٢- اذكر أهم أنواع الفرامل، ثم اشرح مبيناً ذلك بالرسم طريقة عمل إحداها.

## اختبار نهائي (٢)

- ١- اذكر النوعين الأساسيين للمضخات.
- ٢- اذكر أنواع المضخات الطاردة المركزية، ثم اشرح تركيب إحداها.
- ٣- مضخة تصرفها  $600 \text{ m}^3/\text{hr}$  ترفع الماء مسافة رأسية قدرها  $30 \text{ m}$ . احسب قدرة ضخ الماء وكفاءة المضخة إذا علم أن قدرة المضخة الفرمالية هي  $65 \text{ kW}$ .
- ٤- احسب ضغط الماء نتيجة لارتفاع عمود ماء قدره  $45 \text{ m}$ .
- ٥- احسب السممت المناظر لسرعة مائع قدرها  $10 \text{ m/s}$ .
- ٦- أكمل:  
 - للعضو الدوار بالمضخة الطاردة المركزية ثلاثة أنواع منها العضو المفتوح والعضو ..... والعضو .....  
 - هناك ثلاثة أشكال لأرياش العضو الدوار منها الريشة الأمامية والريشة ..... والريشة .....
- ٧- ارسم رسماً مبسطاً يوضح طريقة الحبك في المضخات باستخدام صندوق الحشو.
- ٨- اذكر الثلاث مجموعات الرئيسة التي تتكون منها المضخة التوربينية أو الغاطسة.
- ٩- اذكر مكونات مجموعة عمود الصرف في المضخة التوربينية أو الغاطسة.
- ١٠- اذكر الفرق بين مضختي النفط للآبار الضحلة والعميقة.
- ١١- اشرح طريقة عمل مضخة التروس موضحاً ذلك بالرسم.

١٢- اذكر تصنيف محركات الاحتراق الداخلي تبعاً لنوع الوقود المستخدم بها.

١٣- أيهما له أعلى كفاءة تشغيل، محركات الديزل أم محركات البنزين.

١٤- اشرح طريقة عمل القابض الطارد المركزي.



## المراجع

- 1- Igor J. karassik, William C. Krutzsch, Warren H. Fraser and P. Messina: “Pump HandBook”, McGraw-Hill Book company, New York, USA, 1976.
- 2- Calvin Victor Davis and Kenneth E. Sorensen: “HandBook of Applied Hydraulics”, Third Edition, McGraw-Hill Book company, 1969.
- 3- Eugene A. Avallone and Theodore Baumeister III : “ Marks’ Standard Handbook for Mechanical Engineers”, Tenth Edition, Sections 8&14, McGraw-Hill International Editions, 1997.
- 4- Robert H. Perry and Don W. Green : “Perry’s Chemical Engineering Handbook”, Seventh Edition, Section 10, McGraw-Hill International Editions, 1997.
- 5- James E. Duffy: “Modern Automotive Technology”, Chapter 53, The Goodheart-Willcox Company, Inc. Tinley Park, Illinois, 2000.

## المصطلحات ورموزها

الرمز	المصطلح الأجنبي	الوحدة	المصطلح العربي
A	Area	m <sup>2</sup>	مساحة
d	Diameter	m	قطر
f	Friction factor	-	معامل احتكاك
g	Gravitational acceleration	m/s <sup>2</sup>	عجلة الجاذبية الأرضية
H	Head	m	سمت
h <sub>f</sub>	Friction head (loss)	m	سمت الاحتكاك
h <sub>fc</sub>	Friction head (loss) in connections		سمت الاحتكاك في الوصلات
h <sub>fp</sub>	Friction head (loss) in pipes		سمت الاحتكاك في المواسير
h <sub>p</sub>	Pump head	m	سمت المضخة
h <sub>sd</sub>	Static discharge head	m	سمت الطرد الإستاتيكي
h <sub>ss</sub>	Static suction head	m	سمت السحب الإستاتيكي
h <sub>ts</sub>	Total static head	m	السمت الإستاتيكي الكلي
k	Friction constant	-	ثابت الاحتكاك في الوصلات
L	Pipe length	m	طول الماسورة
N	Rotational speed	rpm	السرعة الدورانية
N <sub>s</sub>	Specific speed	-	السرعة النسبية
P <sub>b</sub>	Brake power	W	القدرة الفرملية
P <sub>w</sub>	Water pumping power	W	قدرة ضخ الماء

$p_a$	Atmospheric pressure	$N/m^2$	الضغط الجوي
$p_v$	Vapor pressure	$N/m^2$	ضغط البخار
$Q$	discharge	$m^3/s$	التصرف
$t$	time	s	الزمن
$V$	volume	$m^3$	الحجم
$v$	Velocity	m/s	السرعة

## قاموس المصطلحات الفنية

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الانجليزية
ملحقات	Accessories
مضخة	Air lift pump
استقامة	Alignment
محوري	Axial
شريط	Band
محمل - كرسي تحميل	Bearing
مجموعة الطاسة	Bowl assembly
فرملة	brake
القدرة الفرملية	Brake power
عامود الكردان	Cardan shaft
غلاف	Casing
تكهف	Cavitation
طرد مركزي	Centrifugal
خصائص	Characteristics
تصنيف	Classification
قابض	Clutch
مجموعة عمود الصرف	Column pipe assembly
محركات الإشعال بالانضغاط	Compression ignition engines
مخروط	Cone
مضخة النفط للآبار العميقة	Deep well jet pump
غشاء - رق	Diaphragm

Diffuser	ناشر
Discharge	تصرف
Discharge bearing	محمل الطرد
Discharge bowl	طاسة الطرد
Discharge pipe	أنبوب الطرد
Disk clutch	قابض قرصي
Dynamic	ديناميكي
Efficiency	كفاءة
Ejector	نافث
Electric motor	محرك كهربى
Electromagnetic	كهرومغناطيسى
Flow rate	معدل سريان
Frame	هيكل
Friction head	سمت الاحتكاك
Foundation	أساس - قاعدة تثبيت
Gas	غاز
Gasket	وجه
Gear	ترس
gearbox	صندوق تروس
Head	سمت - رفع
Gland	سدادة
Head assembly	مجموعة الرأس
Impeller	عضو دوار

Intermediate bowl	الطاسة البينية
Internal combustion engines	محركات الاحتراق الداخلي
Jet pump	مضخة نفث
Key	خابور
Lineshaft turbine pump	مضخة توربينية ذات العمود الطويل
Location	موقع
Lock collets	طوق تثبيت
Lubricator	مزيتة
Mixed	مختلط
Net positive suction head	سمت السحب الموجب الصافي
Nut	صامولة
Open screw pump	مضخة البريمة المفتوحة
Operating point	نقطة تشغيل
Packing	حشو
Performance	أداء
Performance curves	منحنيات الأداء
Piston	مكبس
Plunger	كباس
Positive displacement pump	مضخات الإزاحة الإيجابية (الموجبة)
Power	قدرة
Pump	مضخة
Pump coupling	قارن (ازدواج) مضخة
Pump shaft	عامود المضخة

Pumps selection	اختيار المضخات
Q-H curve	منحني السميت-التصرف
Radial	نصف قطري
Reciprocating	ترددي
Rim	إطار
Rotary	دوار
Screw	قلاووظ (لولب)
Seal	مانع للتسرب
Shallow well jet pump	مضخة النفط للآبار الضحلة
Sleeve	جلبة
Sliding vane rotary pump	مضخة دوارة ذات أرياش منزلقة
Spark ignition engines	محركات الإشعال بالشرارة
Specific speed	السرعة النسبية
Strainer	مصفاة
Stuffing box	صندوق الحشو
Submersible pump	مضخة غاطسة
Suction adaptor	وصلة السحب
Suction inlet	مدخل السحب
Terminology	مصطلح
Thrust collar	طوق الدفع
Turbine pump	مضخة توربينية
Vane	ريشة
Velocity	سرعة

Vertical In line	رأسي على خط واحد
Volume	حجم
Volute casing	غلاف حلزوني
Water	ماء
Wearing rings	حلقات حبك



## المحتويات

الصفحة	الموضوع
	تمهيد
	الوحدة الأولى
	الفصل الأول: المضخات وأنواعها
٢	١-١ مقدمة تاريخية
٤	٢-١ تصنيف المضخات
٥	٣-١ مقارنة بين مضخات الإزاحة الإيجابية والمضخات الديناميكية
٦	تمارين
	الفصل الثاني: مصطلحات المضخات
٨	٤-٢ مصطلحات خاصة بالمضخات
٨	١-٤-٢ معدل تصرف المضخة
٨	٢-٤-٢ السرعة
٩	٣-٤-٢ السميت
٩	٤-٤-٢ سميت السحب الإستاتيكي
١٠	٥-٤-٢ سميت الطرد الإستاتيكي
١٠	٦-٤-٢ السميت الإستاتيكي الكلي
١٠	٧-٤-٢ سميت الاحتكاك
١١	٨-٤-٢ سميت المضخة
١١	٩-٤-٢ قدرة ضخ الماء
١١	١٠-٤-٢ قدرة المضخة الفرملية
١١	١١-٤-٢ كفاءة المضخة
١٢	١٢-٤-٢ السرعة النوعية
١٢	١٣-٤-٢ سميت السحب الصافي الموجب
١٤	أمثلة محلولة
١٧	تمارين

الوحدة الثانية	
الفصل الأول: المضخات الطاردة المركزية	
١٩	١-٣ تعريف
٢٠	٢-٣ تركيب المضخة الطاردة المركزية
٢١	١-٢-٣ العضو الدوار
٢٣	٢-٢-٣ الغلاف
٢٤	٣-٢-٣ صندوق الحشو
٢٥	٤-٢-٣ حلقات الحبك
٢٦	٣-٣ خصائص مضخات الطرد المركزي
٢٦	١-٣-٣ منحني التصريف-السمت للمضخة
٢٨	٢-٣-٣ منحنيات أداء المضخة الطاردة المركزية
٣٠	٣-٣-٣ نقطة تشغيل المضخة
٣٢	تمارين
الفصل الثاني: المضخات التوربينية والفاطسة	
٣٤	١-٤ تمهيد
٣٥	٢-٤ أنواع مضخات الآبار المستخدمة في الري
٣٥	١-٢-٤ المضخة التوربينية ذات العمود الطويل
٣٨	١-١-٢-٤ مجموعة الرأس
٣٩	٢-١-٢-٤ مجموعة عمود الصرف
٤٠	٣-١-٢-٤ مجموعة الفاطسة:
٤١	٢-٢-٤ المضخة الفاطسة
٤٣	تمارين
الفصل الثالث: أنواع المضخات الأخرى	
٤٥	١-٥ المضخة محورية السريان
٤٦	٢-٥ المضخة مختلطة السريان
٤٧	٣-٥ مضخة البريمة المفتوحة

٤٧	٤-٥ المضخة الترددية
٤٩	٥-٥ المضخات الدوارة
٤٩	١-٥-٥ مضخة التروس
٥١	٢-٥-٥ المضخة الدوارة ذات الريش المنزلة
٥١	٦-٥ مضخة النفط
٥٢	١-٦-٥ مضخة النفط للآبار الضحلة
٥٣	٢-٦-٥ مضخة النفط للآبار العميقة
٥٥	٧-٥ مضخة الرفع بالهواء
٥٦	تمارين
<b>الوحدة الثالثة</b>	
<b>الفصل الأول: ملحقات المضخات</b>	
٥٨	١-٦ مقدمة
٥٨	٢-٦ محركات الإدارة
٥٨	١-٢-٦ محركات الاحتراق الداخلي
٥٩	١-١-٢-٦ تصنيف محركات الاحتراق الداخلي
٦١	٢-١-٢-٦ أداء محركات الاحتراق الداخلي
٦٣	٣-٦ طرق نقل الحركة
٦٤	٤-٦ القوابض
٦٤	١-٤-٦ قابض الطرد المركزي
٦٥	٢-٤-٦ القابض القرصي
٦٥	٥-٦ الفرامل
٦٥	١-٥-٦ فرامل الإطار
٦٧	٢-٥-٦ فرامل الشريط
٦٧	٣-٥-٦ الفرامل المخروطية
٦٨	٤-٥-٦ الفرامل القرصية
٦٩	تمارين

الوحدة الرابعة	
الفصل الأول: اختيار المضخات	
٧١	١-٧ أساسيات اختيار المضخات
٧١	١-١-٧ تحديد نوع المضخة بمعلومة السرعة النوعية
٧٣	٢-١-٧ تحديد نوع المضخة تبعاً لعمق الماء
٧٣	٣-١-٧ تحديد أبعاد المضخة لإعطاء أكبر كفاءة عند مدى التشغيل
٧٤	مثال محلول
٧٦	تمارين
٧٧	اختبار نهائي (١)
٧٩	اختبار نهائي (٢)
٨١	المراجع
٨٢	رموز مصطلحات المضخات
٨٤	قاموس المصطلحات الفنية

تقدر المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني الدعم  
المالي المقدم من شركة بي آيه إي سيستمز (العمليات) المحدودة

GOTEVOT appreciates the financial support provided by BAE SYSTEMS

**BAE SYSTEMS**